FORUM CZYTELNIKÓW

3/96

3 zł 90 gr (39 000 zł)

marzec 1996

ELEKTRONIKA dla wszystkich

▲Sterowanie panoramowaniem kamery

▲Aparaty telefoniczne

▲Kondensatory

Aplikacje wzmacniaczy operacyjnych

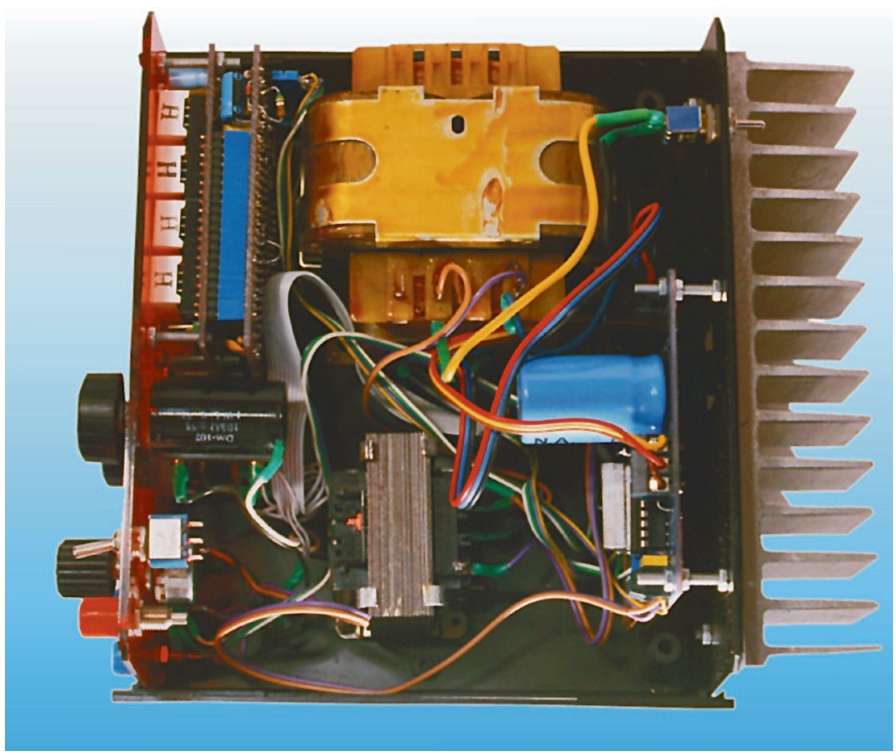
INDEKS 333 62X ISSN 1425-1698

Zasilacz amatorski

KIT AVT 2001

(część II)

W poprzednim numerze EdW zamieściliśmy pierwszą część artykułu na temat budowy zasilacza amatorskiego. Obecnie kontynuujemy ten opis, przechodząc do części dotyczącej montażu i uruchamiania urządzenia. Omówimy też pokrótce możliwe udoskonalenia i perspektywy rozwojowe tej niezbędnej w każdym warsztacie elektronicznym konstrukcji.



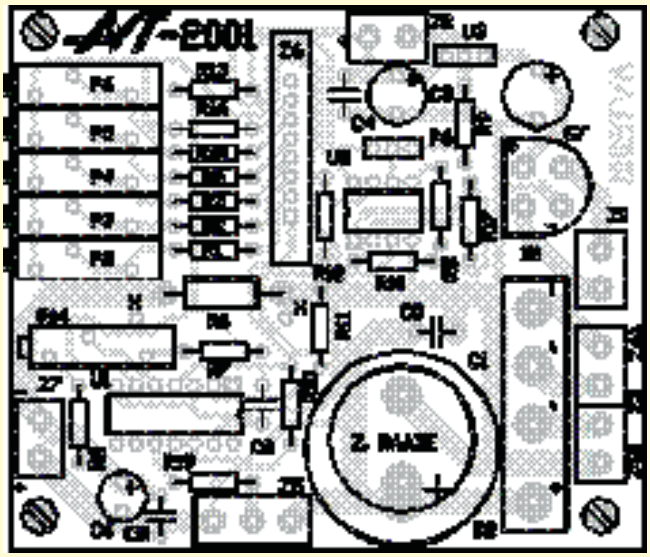
Montaż i uruchomienie

Sam montaż nie sprawi z pewnością nikomu większych trudności, natomiast z uruchamianiem a właściwie z dobraniem rezystorów będziemy musieli się chwilę pomęczyć. Na **rys. 4** widzimy rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej wykonanej z laminatu jednostronnego. Elementy elektroniczne montujemy z zachowaniem reguł montażu, tj. rozpoczynając od najmniejszych a kończąc na tych o największych gabarytach. Pod U1 i U2 koniecznie wlutowujemy podstawki. Do wszystkich ważniejszych połączeń zostały zastosowane złącza śrubowe typu ARK i złącza wtykowe, tak więc z okablowaniem zasilacza nie powinno być kłopotu. Tranzystor wykonawczy T1 umieszczamy na radiatorze pamiętając o posmarowaniu go pastą silikonową. Zakładając, że płytkę mamy już gotową przejdźmy do omówienia spraw, które jak dotąd świadomie pominęliśmy.

1. Dobór transformatorów.

Transformatory nie wchodzą w skład zestawu ponieważ wymagania użytkowników mogą być bardzo różne i trudno nam było narzucać jakieś konkretne typy transformatorów. Jako TR2 należy zastosować transformator o maksymalnym napięciu wyjściowym ok. 24VAC (jest to rozwiązanie nieco "na wyrost", jeżeli będziemy korzystać jedynie z zaprogramowanych napięć to wystarczy transformator o napięciu ok. 15V). Z takim transformatorem po wyprostowaniu i wygładzeniu napięcie na kondensatorze C1 wyniesie ok. 35VDC. Przekroczenie tego napięcia groziłoby uszkodzeniem układu U1. Natomiast, jeśli chodzi o wydajność prądową transformatora, to zależeć ona będzie wyłącznie od indywidualnych potrzeb użytkownika. Zastosowany w układzie tranzystor typu BD911 może przewodzić prądy do 6A.

Jeżeli użyjemy transformatora o maksymalnym napięciu i przy małym napięciu wyjściowym pobierać będziemy duże prądy to wydzielana na tranzystorze T1 moc strat będzie bardzo duża i radiator będzie się silnie nagrzewał. Optymalnym wyjściem z sytuacji byłoby zastosowanie transformatora z dzielonym uzwojeniem wtórnym, najlepiej z uzwojeniami symetrycznymi. Jeżeli zastosujemy taki transformator to możemy wykorzystać nie omawiany dotąd fragment układu z przekaźnikiem P1. Zastosowanie tego przekaźnika jest opcjonalne i dlatego nie przewidziano na niego miejsca na płytce drukowanej ani też nie wchodzi on w skład zestawu handlowego AVT-2001. Zaprojektowana została jednak specjalna płytka do montowania przekaźnika -**rys.5**. Powróćmy do analizy fragmentu układu z przekaźnikiem. Na schemacie został narysowany optymalny transformator z symetrycznym uzwojeniem wtórnym, taki jaki został zastosowany w układzie modelowym. Przekaźnik zasilany jest za pośrednictwem drugiej sekcji przełącznika służącego do zmiany napięcia wyjściowego. Jeżeli przełącznik SW1 jest ustawiony na napięcia z zakresu od 3 do 9V to styki przekaźnika są zwarte. Obydwa uzwojenia wtórne transformatora



Rys.4 Rozmieszczenie elementów na płytce

pracują w układzie przeciwsobnym a prostownik w dwupołówkowym. Prąd pobierany z transformatora może być dwukrotnie większy od prądu pobieranego z pojedynczego uzwojenia. Na wyższych zakresach napięć przekaźnik rozłącza styki i obydwa uzwojenia transformatora zostają połączone szeregowo. Napięcie na prostowniku pracującym teraz w układzie mostkowym wzrasta dwukrotnie a maksymalny prąd dwukrotnie maleje. Jeżeli zastosujemy transformator z pojedynczym uzwojeniem to musimy zewrzeć ze sobą złącza Z4A i Z4B a uzwojenie wtórne dołączyć do złącza Z3.

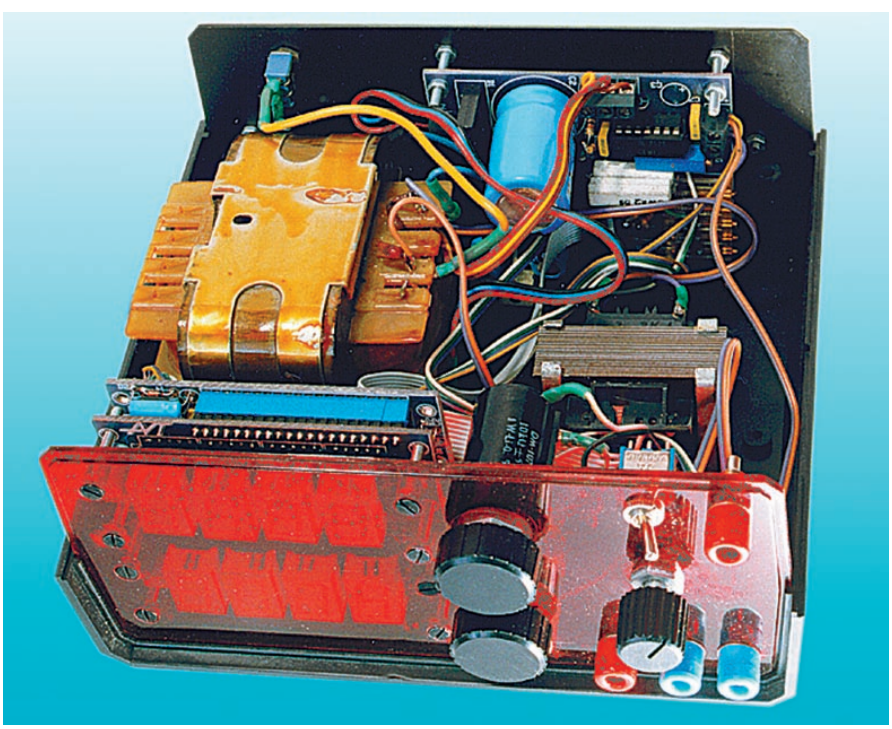
Jeżeli mamy zamiar teraz lub w przyszłości wyposażyć nasz zasilacz w mierniki prądu i napięcia to musimy liczyć się z poborem prądu ok. 400mA. Jako TR1 zastosujemy więc dowolny transformator o napięciu wyjściowym 6...7 VAC i maksymalnym prądzie min. 500mA. Z takim transformatorem obciążony dwoma miernikami stabilizator scalony U3 nie wymaga stosowania radiatora.

2. Dobór rezystorów do wyjściowego dzielnika napięciowego i ogranicznika prądowego. Znając wartość rezystora R15 - 100kW bez trudu możemy obliczyć wartości pozostałych rezystorów dla poszczególnych napięć. Służące temu wzory są ogólnie znane Mamy już obliczone wartości rezystorów do dzielnika napięcia. Wiemy już, że R(5V)=150kW, R(6V)=100kW, R(9V)=50kW, R(12V)=33,33kW i R(14,5V)=26,08kW. Takich rezystorów z pewnością nie znajdziemy w typowym szeregu wartości. Pozostają więc dwie możliwości: albo mozolne poszukiwanie potrzebnych oporników wśród rezystorów precyzyjnych albo zastosowanie potencjometrów montażowych, a ściślej mówiąc potencjometrów montażowych połączonych szeregowo z opornikami. Wybraliśmy oczywiście tę drugą możliwość i postanowiliśmy, że wartość rezystora stałego powinna być w przybliżeniu równa wartości rezystora obliczonego minus połowa wartości potencjometru montażowego. Takie rozwiązanie umożliwi w każdym wypadku precyzyjne ustawienie żądanych napięć na wyjściu zasilacza. Ponieważ wartość wszystkich potencjometrów montażowych wynosi 10kW wartości oporników połączonych z nimi wyniosą:

R18 - 130kW+15kW, R4 - 91kW+4,7kW,
R3 - 47kW, R2 - 27kW, R1 - 22kW..

Weźmy się teraz za nasz ogranicznik prądu wyjściowego. Wartości potrzebnych rezystorów ustalono doświadczalnie. Zasilacz został obciążony prądem 10mA i okazało się, że napięcie zmierzone U2A wynosiło 0,037V. Przy obciążeniu 1A wynik pomiaru wynosił 2,77V. A zatem na wejściu odwracającym komparatora U2B musimy dysponować napięciami z tego przedziału. Obliczona wartość R13 wyniosła 77,2kW a R9 - 636W. W praktyce zastosowano rezystory o wartości 75kW i 560W, poszerzając w ten sposób nieco zakres regulacji.

Wszystkie obliczone rezystory montujemy na płytce i przystępujemy do regulacji zasilacza. Potrzebny nam do tego będzie dobrej klasy woltomierz, najlepiej cyfrowy, który podłączamy do wyjścia zasilacza. Rozpoczynamy od ustawienia napięcia odniesienia. Z przełącznikiem SW1 na pierwszej (3V) pozycji, potencjometrem montażowym P8 ustawiamy na wyjściu zasilacza napięcie równe 3V. Przełączając SW1 na następne pozycje ustawiamy kolejne napięcia. Na końcu sprawdzamy zakres regulacji płynnej, który z wartościami podanymi na schemacie powinien wynosić od 3 do ok. 19V (o ile zastosowany transformator pozwoli uzyskać tak wysokie napięcie). Następnie musimy sprawdzić działanie ogranicznika prądowego. Do tego celu potrzebny nam będzie amperomierz lub zmontowany i skalibrowany moduł AVT-2004 w wersji podstawowej (zakres do 200mV). Zauważmy, że miliwoltomierz o takim zakresie, podłączony równolegle do rezystora



Rys.5 Płytka dodatkowa do montażu przekaźnika

pomiarowego R6 wskaże wartość płynącego przez ten rezystor prądu w miliamperach, oczywiście z dokładnością zależną od tolerancji rezystora R6. Zasilacz obciążamy odbiornikiem o małej oporności (np. żarówką samochodową 12V/21W) i kręcąc potencjometrem P7 obserwujemy zmiany wartości płynącego przez odbiornik prądu. Wartość ta powinna zawierać się w przedziale od 10mA do 1A. Jeżeli nie mamy zamiaru wyposażać naszego zasilacza w amperomierz to powinniśmy obok potencjometru P7 wykonać skalę z wartościami ograniczenia prądowego.

I na tym zakończyliśmy montaż części elektronicznej naszego dzieła. Pozostała jeszcze jedna, bardzo ważna a często zaniedbywana czynność: obudowanie naszego zasilacza. W urządzeniu modelowym zastosowano gotową obudowę typu KM-85. Nadaje się ona doskonale do zasilaczy małej i średniej mocy. Uwagę należy zwrócić jedynie na zamocowanie radiatora. Obudowa wykonana jest z tworzywa sztucznego -polistyrenu i przy silnym nagrzaniu mogłaby ulec odkształceniu. Jeżeli więc przewidujemy pracę z dużymi prądami związaną z silnym nagrzewaniem się radiatora, to musimy go zamocować w pewnej odległości od tylnej ścianki obudowy, najlepiej za pomocą tulejek dystansowych. W czasie montażu prototypu zasilacza pojawił się także problem płyty czołowej. Pamiętajmy, że docelowo nasz zasilacz może być wyposażony w dwa cyfrowe mierniki: napięcia i prądu. W warunkach amatorskich wykonanie idealnie równych otworów na wyświetlacze LED jest praktycznie niemożliwe. Równie trudne byłoby wykonanie szybek zasłaniających te wyświetlacze. No cóż, jeżeli nie możemy rozwiązać jakiegoś problemu to najlepiej go obejść. Jeżeli wykonanie otworów jest bardzo trudne to... nie musimy tego robić. Proponujemy zastosowanie przezroczystej płyty czołowej, w której musimy wykonać otwory jedynie do zamocowania potencjometrów, przełączników i gniazd wyjściowych. Szczęśliwym trafem, w ofercie handlowej AVT znajdują się płyty czołowe do obudowy KM-85 wykonane z barwionego na czerwono przezroczystego polistyrenu.

Szczegóły wykonania obudowy widoczne są na fotografii.

Możliwe usprawnienia i modyfikacje

Jak już wspomniano, możemy nasz zasilacz wyposażyć w przyrządy pomiarowe - woltomierz i amperomierz. Jako mierniki proponujemy wykorzystać specjalnie zaprojektowane do tego celu moduły AVT-2004. Podłączenie takiego modułu jako amperomierza opisano już wyżej, natomiast na woltomierz idealnie nadaje się moduł AVT-2004 o zakresie pomiarowym do 2V. Jedyną modyfikacją tego układu będzie dodanie jednego rezystora i utworzenie dzielnika napięcia wejściowego przez 10. Kłopoty zaczną się dopiero wtedy, kiedy będziemy chcieli używać napięć większych niż 19,99V. W takim przypadku konieczne będzie zastosowanie przełączanych dzielników napięciowych. Moduł woltomierza należy podłączyć bezpośrednio do wyjścia zasilacza lub też zastosować poniższe rozwiązanie.

W uruchamianych układach elektronicznych napięcia mierzy się najczęściej względem minusa zasilania. Dlatego też w układzie modelowym zastosowany został dodatkowy, nie pokazany na schemacie przełącznik i gniazdko do podłączenia końcówki pomiarowej woltomierza. Korzystając z tego przełącznika możemy raz mierzyć napięcie na wyjściu zasilacza a innym razem w wybranym punkcie uruchamianego układu.

Zbigniew Raabe

WYKAZ ELEMENTÓW

1. Kondensatory

C1: 4700µF/40V
C2: 220pF
C3: 220uF/16V
C4, C5, C8: 100nF
C6: 4,7µF/40V
C7: 1000µF/16V

2. Rezystory

R1: 22kW
R2: 27kW
R3: 47kW
R4: 91kW+4,7kW
R5: 10kW
R6: 0,1W/5W
R7, R8: 100kW
R9: 560W
R10, R13: 47kW
R16, R20: 1kW
R17: 22kW
R18: 130kW+15kW
R19: 330W
P1: 10kW potencjometr wieloobrotowy
P2...P6, R14: 10kW potencjometry montażowe, wieloobrotowe
P7: potencjometr 47kW/A

3. Półprzewodniki

U1: LM723 lub odpowiednik
U2: LM358
U3 scalony stabilizator napięcia typu 7805
T1: BD911 lub odpowiednik
B1: mostek prostowniczy 1A
B2: mostek prostowniczy B80C5000/3300

4. Pozostałe

Z1, Z2, Z3, Z4, Z7: ARK2
Z5: ARK3
Z6: złącze 8-o pinowe
SW1: przełącznik obrotowy (2 sekcje po min. 7 pozycji)
BZ1: Bezpiecznik 200mA z oprawką
Radiator do tranzystora T1

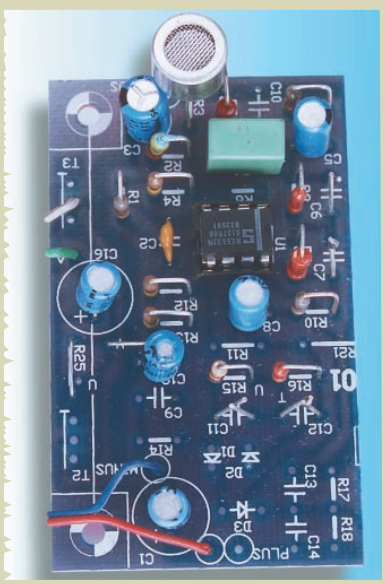
ERRATA

W schemacie elektrycznym zasilacza zamieszczonym w EdW 2/96 wkradł się błąd: potencjometry montażowe służące programowaniu napięć wyjściowych zostały na schemacie oznaczone P2...P5. Potencjometrów tych jest pięć, tak więc oczywiście powinno być P2...P6, a kolejny potencjometr ma numer o 1 większy, czyli zamiast P6 jest P7.

APLIKACJE WZMACNIACZY OPERACYJNYCH część 2

W pierwszym numerze naszego czasopisma zaproponowaliśmy praktyczne zapoznanie się z jednym z "koni pociągowych" elektroniki - wzmacniaczem operacyjnym. Zaprezentowaliśmy dwa pożyteczne urządzenia: przełącznik sterowany dowolnym pilotem i tester podzespołów. Dziś opisujemy kolejne: programowany przedwzmacniacz mikrofonowy i dwa migacze dużej mocy.

Wszystkie przedstawione układy można zmontować na płytce wielofunkcyjnej PW-01. Jak zwykle, nie wszystkie zaznaczone na płytce elementy będą montowane. Dla ułatwienia montażu zamieszczamy schematy i rysunki zawierające tylko niezbędne elementy i dlatego ich numeracja nie jest ciągła. Pełny rysunek płytki drukowanej i schemat zawierający wszystkie możliwe elementy można znaleźć w EdW1/96 na str. 9.



Uniwersalny przedwzmacniacz audio współpracujący z dowolnym źródłem sygnału

* **Właściwości:**
* małe szumy i dobre parametry dynamiczne dzięki zastosowaniu nowoczesnego układu NE5532
* duże wzmocnienie i szerokie pasmo dzięki zastosowaniu dwóch stopni wzmocnienia
* szeroki zakres napięcia zasilającego
* **Najważniejsze parametry:**
* Wzmocnienie: programowane zworami
* 10x...10000x
* Pasmo przenoszenia: 20Hz...20kHz

Rezystancja wejściowa: 40kW

Zasilanie: 5...24V

Wzmocnienie	Zwory w miejscu:
10x	C6, C7, C12
100x	C7, C12
1000x	C12
10000x	bez zwór

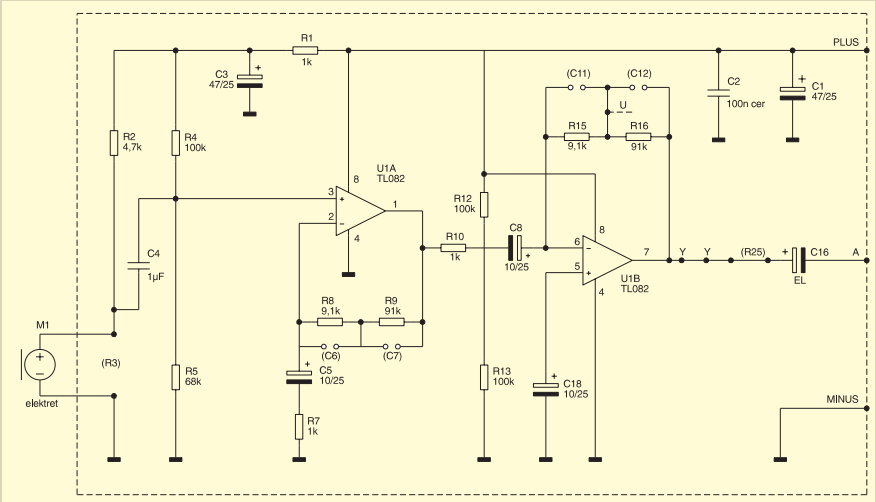
3. Programowany przedwzmacniacz mikrofonowy

Schemat ideowy wzmacniacza jest pokazany na **rysunku 1**, a montażowy na **rysunku 2**. Układ może współpracować z dowolnym mikrofonem, lub innym źródłem sygnału małej częstotliwości. Rezystor R2 potrzebny jest tylko wtedy, gdy używany jest dwukońcówkowy mikrofon elektretowy; w pozostałych zastosowaniach nie należy go montować.

Zmienny sygnał wejściowy podawany jest przez kondensator C4 na nóżkę 3 wzmacniacza operacyjnego U1A, który pracuje w konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego. Rezystory R4 i R5 ustalają napięcie stałe na tej końcówce (napięcie stałe na nóżkach 1 i 2 jest takie same). Wzmocniony sygnał zmienny przechodzi do drugiego stopnia - wzmacniacza odwracającego z układem U1B. Rezystory R12 i R13 ustalają napięcia stałe na nóżkach 5, 6 i 7 równe połowie napięcia zasilającego. Celowo zastosowano rezystor R5 o wartości mniejszej niż R4, aby napięcie na wyjściu układu U1A było mniejsze niż napięcie na nóżce 6 U1B. Wtedy kondensator elektrolityczny C8 jest zawsze spolaryzowany napięciem stałym o właściwej biegunowości.

Wzmocnienie ustalane jest przez rezystory R8, R9 i R15, R16. Przewidziano możliwość zmiany wzmocnienia w szerokich granicach przez wykonanie lub usunięcie zwór w miejscach oznaczonych na płytce C6, C7, C11, C12. Oczywiście, rezystory R8, R9, R15 i R16 można według potrzeby zmieniać, byle ich wartość zawierała się w granicach 1...100kW.

Oprócz standardowych kondensatorów odsprzęgających zasilanie (C1, C2) w układzie celowo zastosowano dodatkową filtrację napięcia polaryzującego obwody wejściowe pierwszego stopnia (R1C3), aby uniknąć samowzbudzenia układu przy wartościach wzmocnienia rzędu tysięcy. Podobną rolę dla drugiego stopnia pełni kondensator C18.



Rys.1

Dzięki obecności kondensatora C16, na wyjściu (punkt A) nie występuje napięcie stałe z nóżki 7 układu U1B.

Montaż i uruchomienie

Ponieważ w układzie nie wykorzystuje się wszystkich elementów, część płytki można odciąć według zaznaczonej linii, tak jak uczyniono to w modelu.

Montaż należy rozpocząć od wykonania dwóch zwór: między punktami Y,Y oraz w miejscu rezystora R25.

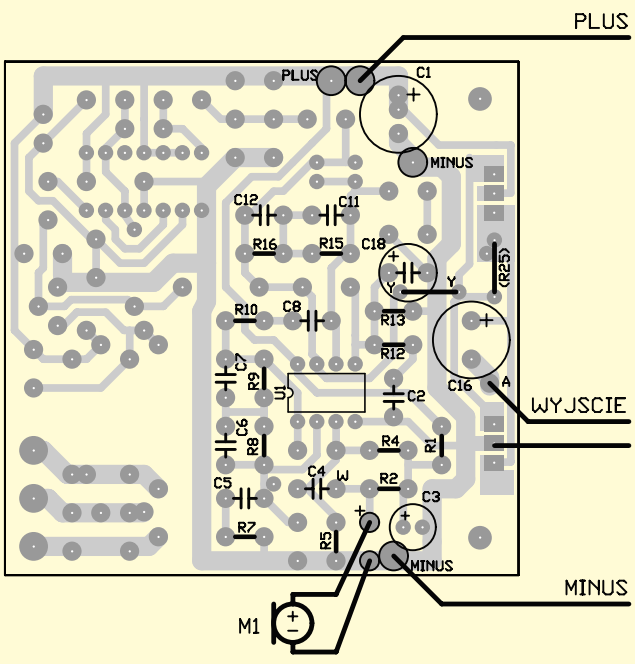
Wszystkie elementy można zmontować w dowolnej kolejności, zwracając szczególną uwagę na biegunowość kondensatorów elektrolitycznych oraz położenie podstawki i układu scalonego.

W modelu zwory programujące wzmocnienie (w miejscu C6, C7, C15, C16) wykonano z obciętych końcówek wcześniej wlutowanych elementów. Właściwe dołączenie mikrofonu elektretowego w miejsce rezystora R3 ułatwi rysunek w ramce.

Po zmontowaniu należy starannie sprawdzić poprawność montażu według rysunków 1 i 2.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchamiania - od razu pracuje poprawnie.

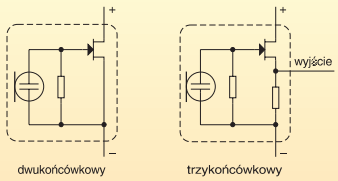
Gdyby układ nie chciał pracować, należy najpierw sprawdzić napięcia stałe na nóżce 7 (połowa Uzas) i nóżce 1 (trochę mniej niż połowa Uzas). Jeśli te napięcia są inne, należy odszukać uszkodzony lub błędnie wlutowany element, np. zamienione rezystory lub odwrotnie wlutowany kondensator elektrolityczny.



Rys.2

Model pokazany na fotografii przy zasilaniu 12V pobiera 7mA prądu, przy 24V - 9mA.

Egzemplarz modelowy pracuje bez zarzutu przy wszystkich wartościach wzmocnienia, jednak przy wzmocnieniu rzędu tysięcy należy zapewnić dobrą filtrację napięcia zasilającego, szczególnie gdyby przedwzmacniacz miał współpracować ze wzmacniaczem mocy. W takim przypadku aby uniknąć samowzbudzenia na-



Mikrofon elektretowy

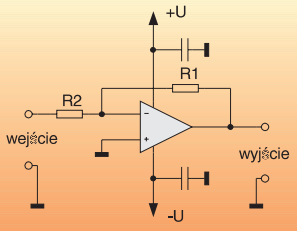
Obecnie najpopularniejszy i najtanszy mikrofon o dookólnej charakterystyce skuteczności i szerokim pasmie jest rodzajem mikrofonu pojemnościowego. Ponieważ element czynny ma właściwości kondensatora i charakteryzuje się bardzo dużą rezystancją wewnętrzną, więc każdy mikrofon elektretowy zawiera tranzystor polowy umożliwiający współpracę z typowymi dla układów audio impedancjami rzędu setek omów...dziesiątek kiloomów. Najpopularniejsze są mikrofony dwukońcówkowe, ale spotyka się często trzykońcówkowe. Mikrofony dwukońcówkowe muszą być polaryzowane przez rezystor, pełniący też rolę obciążenia. Wartość tego rezystora nie jest krytyczna, zwykle jest rzędu 1...10kW. Czym większa jest ta rezystancja, tym większy sygnał wyjściowy, ale i większa podatność na zewnętrzne zakłócenia. Zakres napięć zasilania mikrofonów trzykońcówkowych wynosi zwykle 3...15V. W przypadku mikrofonów dwukońcówkowych wystarczy, żeby napięcie na mikrofonie nie było mniejsze niż 1V.

Należy zwrócić uwagę, że napięcie zasilające mikrofonu dwukońcówkowego musi być dobrze filtrowane, ponieważ sygnał użyteczny występuje na rezystorze obciążenia, który najczęściej jest dołączony do plusa zasilania, a nie do masy.

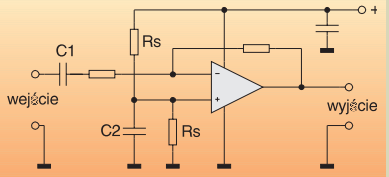
W praktyce łatwo ustalić biegunowość mikrofonu, bowiem metalowa obudowa połączona jest z końcówką ujemną. W trzykońcówkowych wyjściem sygnału jest zwykle końcówka środkowa.

Wzmacniacz odwracający

Praktyczne układy pracy pokazano na rysunkach. Wzmocnienie dla sygnałów zmiennych wynosi: G = R1/R2. Pewną wadą wzmacniacza odwracają cego jest stosunkowo mała rezystancja wejściowa równa wartości R2 (rezystancja R1 nie powinna być większa niż kilkaset kiloomów). Orientacyjna dolna częstotliwość graniczna: fd = 0,16/(R2·C1) , górna - podobnie jak we wzmacniaczu nieodwracającym.



zasilanie symetryczne



zasilanie napięciem pojedynczym

leży też właściwie poprowadzić obwód masy. Omówienie tego tematu wykracza jednak poza ramy niniejszego artykułu.

WYKAZ ELEMENTÓW:

Rezystory

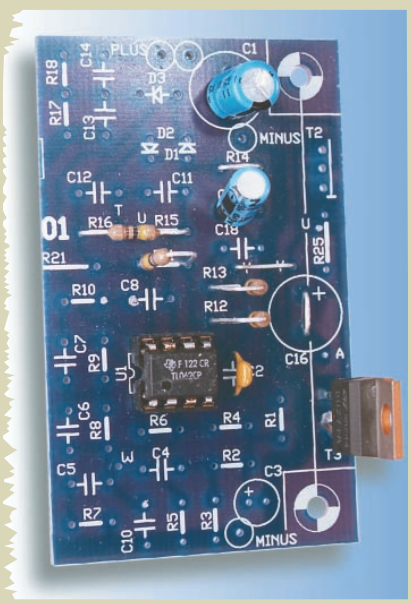
R1,R7,R10: 1kW
R2: 4,7kW
R4,R12,R13: 100kW
R5: 68kW
R8: 9,1kW
R9,R16: 91kW
R15: 10kW

Kondensatory

C1,C3: 47µF/25V
C2: 100nF ceramiczny
C4: 1µF stały
C5,C8,C16,C18: 10µF/25V

Inne

U1: TL082
M1: mikrofon elektretowy
* płytka drukowana PW-01



Wzmacniacz nieodwracający

Typowy układ wzmacniacza nieodwracającego pokazany jest na rysunkach. W przypadku zasilania układu pojedynczym napięciem konieczny jest obwód polaryzujący wejście napięciem stałym, równym zwykle połowie napięcia zasilającego, oraz kondensator separujący włączony w szereg z rezystorem R2 (rys b, c). Należy dobrze filtrować napięcie zasilania obwodu polaryzującego wejście, bowiem wszelkie "śmieci" pojawiające się na dodatniej szynie zasilającej mogą przedostawać się do wejścia i być wzmacniane, co w skrajnym przypadku może nawet spowodować samowzbudzenie - dlatego lepszy jest układ z rysunku c. Na wyjściu układów b i c występuje napięcie stałe wyznaczone przez rezystory Rp.

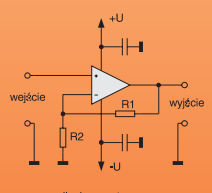
Wzmocnienie dla sygnałów zmiennych jest równe: G = 1 + R1/R2

Ważna zaletą jest duża rezystancja wejściowa wzmacniacza;

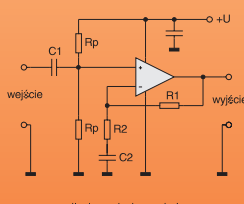
- w układzie z rysunku a jest ona rzędu megaomów,
- wg rysunku b: Rp/2
- wg rysunku c: R3.

Dolna częstotliwość graniczna zależy od pojemności sprzęgających C1 i C2. Orientacyjnie: fd = 0,32/(Rp·C1) = 0,16/(R2·C2) = 0,16/(R3*C1)

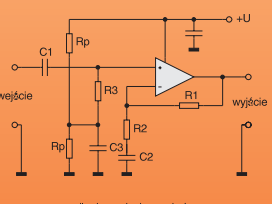
Górna częstotliwość graniczna wynika z właściwości wzmacniacza operacyjnego i zależy od wzmocnienia: większe wzmocnienie - węższe pasmo. Kostka NE5532 przy wzmocnieniu 100 ma pasmo ponad 100kHz.



zasilanie symetryczne



zasilanie napięciem pojedynczym



zasilanie napięciem pojedynczym

4. Impulsator - migacz dużej mocy

W urządzeniach sygnalizacyjnych, alarmowych, do sterowania reklam często potrzebny okazuje się impulsator, inaczej mówiąc przerywacz lub migacz, który w ustalonym rytmie włącza i wyłącza obciążenie, najczęściej żarówki.

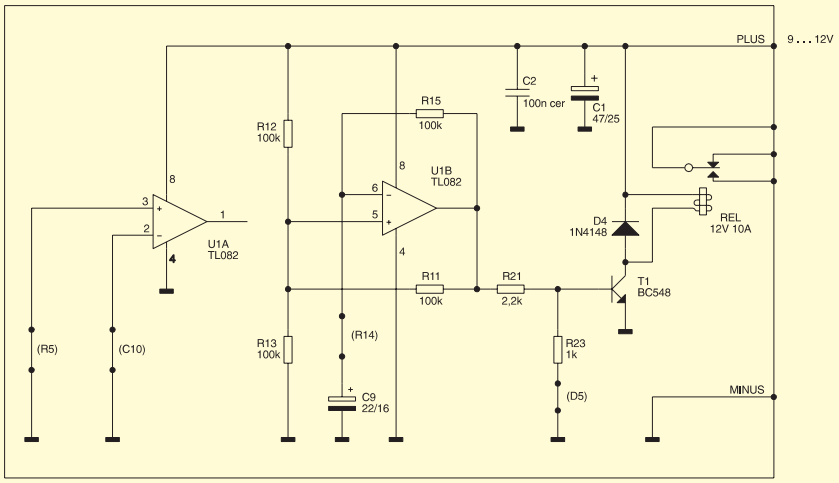
Proponujemy dwie wersje takiego urządzenia. Pierwsza przeznaczona jest do sterowania żarówek samochodowych, druga - odbiorników zasilanych z sieci 220V.

Schematy ideowy i montażowy wersji pierwszej pokazane są na **rysunkach 3 i 4**. Podstawą jest wzmacniacz operacyjny pracujący w roli generatora. Zasadę działania takiego generatora opisano w EdW1/96 na str. 14. Częstotliwość przebiegu wy-

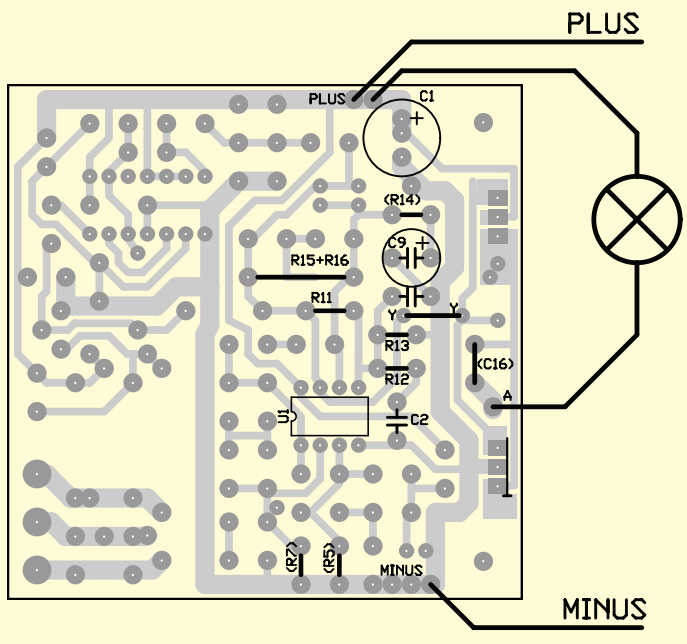
Uniwersalny impulsator do sterowania lampami dużej mocy

Prosta konstrukcja, niewielka ilość elementów, łatwy montaż,
łatwy dobór częstotliwości pracy

Szeroki zakres zastosowań: domowe, motoryzacyjne, przemysłowe.



Rys. 3



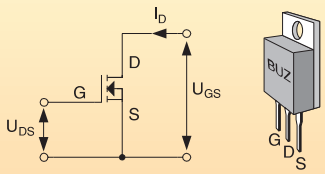
Rys. 4

jściowego wynika z wartości elementów R11, C9 i można ją zmieniać w bardzo szerokim zakresie od około 1MHz do drobnych ułamków herca. W układzie zawierającym żarówki częstotliwość nie może być mniejsza niż około 1Hz, ponieważ świecące włókno nie zdąży ostygnąć i efekt migotania będzie słaby.

W naszym układzie wzmacniacz operacyjny U1A nie jest wykorzystany.

W wersji pierwszej elementem wykonawczym jest tranzystor polowy typu MOSFET. W stanie otwarcia ma on rezystancję rzędu ułamka oma (zależnie od typu), wobec czego nie jest konieczne stosowanie radiatora nawet jeśli obciążeniem jest duża żarówka samochodowa o mocy 50W. Przy takiej mocy ża-

Tranzystor polowy z izolowaną bramką i kanałem N



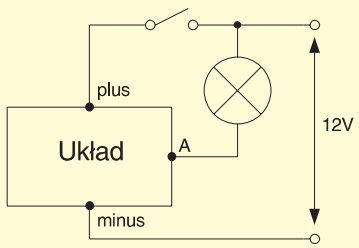
Podstawową zaletą takiego tranzystora jest fakt, że obwód bramki praktycznie nie pobiera prądu - otwieranie tranzystora odbywa się pod wpływem napięcia. Gdy napięcie UGS między bramką G (gate) a źródłem S (source) jest równe zeru, tranzystor jest zatkany i w obwodzie dren D - źródło S nie płynie żaden prąd. Przy wzroście napięcia UGS po przekroczeniu pewnego napięcia tranzystor zaczyna się stopniowo otwierać, zmniejsza się jego rezystancja i w obwodzie dren-źródło może płynąć prąd. Rezystancja między drenem a źródłem zmniejsza się ze wzrostem UGS, ale nie do zera, tylko do pewnej minimalnej wartości, w katalogach zwanej RDSon. Tranzystory na niższe napięcie pracy UDS mają generalnie mniejszą minimalną rezystancję RDSon. Dla różnych tranzystorów rezystancje te wynoszą:

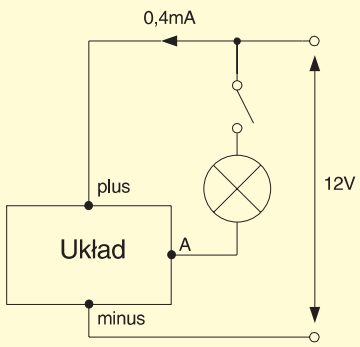
BUZ10 (50V) - 0,07W
BUZ11A (50V) - 0,055W
BUZ71A (50V) - 0,12W
BUZ72A (100V) - 0,25W
BUZ73 (200V) - 0,4W
BUZ74 (500V) - 3,0W
BUZ91A (600V) - 0,9W
BUZ92 (600V) - 3,0W
BUZ80 (800V) - 4,0W

W nawiasach podano maksymalne napięcie pracy UDS.

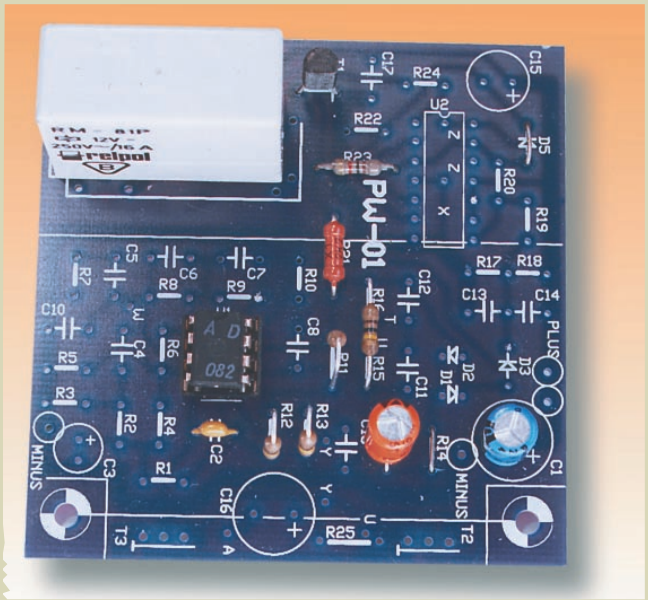
Straty mocy w przewodzącym tranzystorze są proporcjonalne do płynącego prądu:

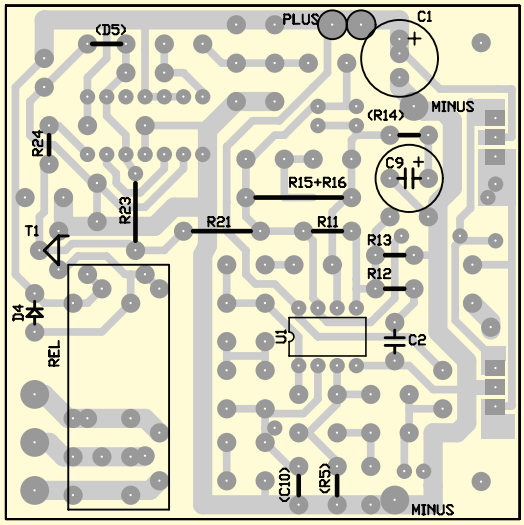
$$Pstr = I^2 \cdot RDSon$$





Rys. 5





Rys. 7

rówki celowe będzie wzmocnienie ścieżek przewodzących tak duży prąd drutem lub srebrzanką przylutowaną do punktów lutowniczych i ścieżek.

Różne możliwości podłączenia pokazuje rysunek 5. Wersja z rysunku 5b może okazać się interesująca, bowiem pobór prądu przez układ sterujący zawierający "oszczędną" kostkę TL062 wynosi tylko 0,38mA (z układem TL082 około 5mA).

Inna wersja impulsatora pokazana jest na rysunkach 6 i 7. Elementem wykonawczym jest przekaźnik o obciążalności styków 8...16A, co umożliwia sterowanie dowolnym obciążeniem, także urządzeniami zasilanymi z sieci energetycznej. Dioda D4 likwiduje przepięcia powstające podczas wyłączania przekaźnika, które mogłyby uszkodzić tranzystor. Dzielnik napięcia R21 i R23 jest konieczny, ponieważ "w stanie niskim" napięcie na wyjściu układu U1B wynosi prawie 1,5V. Przy braku R23 powodowałoby to ciągłe przewodzenie tranzystora T1.

W wersji z przekaźnikiem zaleca się stosować mniejszą częstotliwość przełączania z uwagi na ograniczoną trwałość styków przekaźnika - należy zwiększyć pojemność C9 i ewentualnie także wartość R15 do 1...4,7MW.

Przykładowo przy napięciu sieci 220V i obciążeniu rezystancyjnym 400W oczekiwana trwałość styków krajowego przekaźnika RM81 wyniesie około 1mln zadziałań, a przy 200W - dwukrotnie więcej.

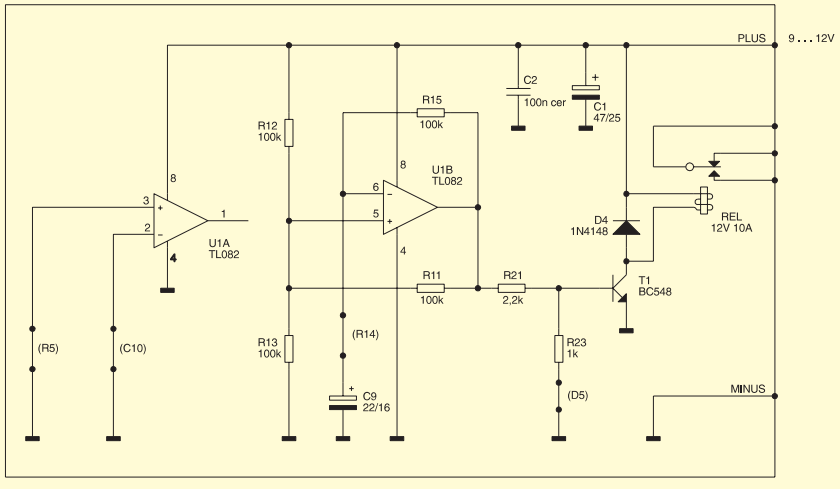
Montaż i uruchomienie

W obu wersjach należy wykonać zworę w miejscu rezystora R14 i wlutować elementy (w dowolnej, wygodnej kolejności). Pojedynczy rezystor oznaczony na schematach R15+R16 należy wlutować "na leżąco" w otwory przewodziane pod rezystory R15 i R16.

Do wersji z tranzystorem MOSFET płytkę można obciąć wzdłuż zaznaczonej linii. Należy też wlutować zworę między punktami Y, Y i w miejscu kondensatora C16. UWAGA! Wyprowadzenia drenu i źródła tranzystora T3 trzeba zamienić miejscami - to znaczy odpowiednio wykrępować przed wlutowaniem w płytkę. W niektórych egzemplarzach płytki drukowanej PW-01 zdarzają się przerwy między ścieżką masy, a srodkowym punktem lutowniczym tranzystora T3 - w razie potrzeby należy w tym miejscu zeskrobać lakier ze ścieżki masy i kroplą cyny poprawić połączenie.

W wersji z przekaźnikiem należy dodatkowo wlutować zworę w miejsce diody D5, aby połączyć rezystor R23 do masy.

Piotr Górecki



Rys. 6

WYKAZ ELEMENTÓW:

Rezystory
R11,R12,R13,R15+R16: 100kW
Kondensatory
C1: 47µF/25V
C2: 100nF ceramiczny
C9: 10µF/25V
Tranzystory
T3: BUZ10
Inne
U1: TL062
* płytka drukowana PW-01
* przewód dwużyłowy

System projektowania modułowego część 3

W trzecim artykule z serii „Klocki Elektroniczne" omówimy kolejne moduły wejściowe, procesorowe i wyjściowe.
***MODUŁY WEJŚCIOWE**: przełączniki, przełączniki sensorowe, czujniki wilgoci,*
***MODUŁY PROCESOROWE**: układy zatrzaskowe oparte na przekaźnikach, tyrystorach i bramkach logicznych,*
***MODUŁY WYJŚCIOWE**: regulator szybkości silnika, sterownik kierunku obrotów silnika,*
W dołączonym projekcie konstrukcyjnym wykorzystano te moduły w automatycznym systemie kamery panoramicznej.
Przykładem zastosowania tych modułów jest projekt automatycznego systemu kamery panoramicznej, opisany odrębnie w tym numerze EdW.

Części układów

Na wstępie przypomnienie, jak z modułów składa się kompletny układ. Każdy moduł, jak to przedstawiono na rys. 1.1 w części 1 EdW 1/96, może być uważany za blok. Trzeba wybrać potrzebne moduły, połączyć ze sobą ich doprowadzenia napięcia zasilającego, połączyć ze sobą ich doprowadzenia 0V i połączyć wyjście jednego modułu z wejściem drugiego, tworząc w ten sposób ostateczny układ.

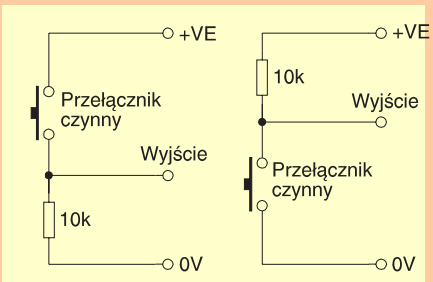
Moduł przełącznika wejściowego

Na **rys. 3.1** pokazano dwa przykłady przełącznika czynnego (zwiernego):
a. po naciśnięciu przycisku napięcie wyjściowe zmienia się z 0V na dodatnie,
b. po naciśnięciu przycisku napięcie wyjściowe zmienia się z dodatniego na 0V.

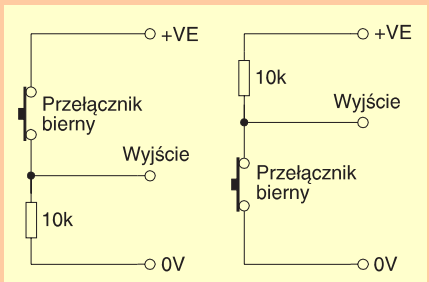
W takim układzie można użyć każdego rodzaju przełącznika czynnego, np. zwykłego przycisku z zestykami czynnymi, poddywanowej maty naciskowej, przełącznika przechylnego, drganiowego itp.
Uwaga: szereg przełączników czynnych można połączyć równolegle.

Na **rys. 3.2** pokazano dwa przykłady przełącznika biernego (rozwiernego):
a. po naciśnięciu przycisku napięcie wyjściowe zmienia się z 0V na dodatnie,
b. po naciśnięciu przycisku napięcie wyjściowe zmienia się z dodatniego na 0V.

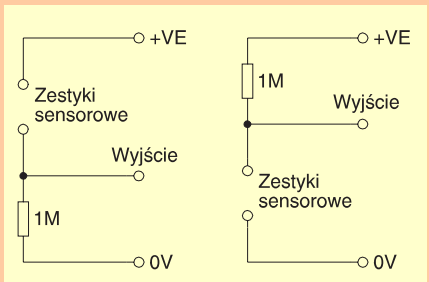
Uwaga: wiele przełączników biernych można połączyć w szereg.



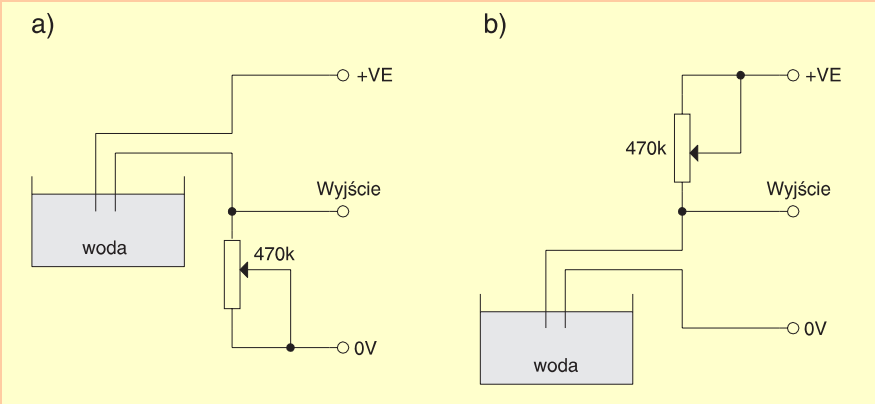
Rys. 3.1. Dwa sposoby zastosowania przełączników czynnych (zwiernych) do wyzwalania układów.



Rys. 3.2. Dwa sposoby zastosowania przełączników biernych (rozwiernych) do wyzwalania układów.



Rys. 3.3. Zastosowanie przełączników sensorowych zamiast zwykłych przełączników czynnych.



Rys. 3.4. Dwa układy detektorów poziomu wody.

Moduł przełącznika sensorowego

Na **rys. 3.3** pokazano dwa przykłady przełącznika sensorowego (dotykowego):

a. po dotknięciu sensora palcem napięcie wyjściowe wzrasta,
b. po dotknięciu sensora palcem napięcie wyjściowe maleje.

Styki dotykowe można wykonać z pary pluskiewek, albo przez wywiercenie małych otworków w obudowie i przewinięcie przez nie pary odizolowanych ocynowanych drutów miedzianych. Jest ważne, aby styki nie były wilgotne, ani nie zostały pokryte lakierem. Można także zastosować kawałek uniwersalnej płytki drukowanej, jednak z czasem miedziane powierzchnie skorodują.

Moduł czujnika wody

Na **rys. 3.4** pokazano dwa układy czujnika poziomu wody:

a. po nalaniu wody do pojemnika napięcie wyjściowe wzrasta,
b. po nalaniu wody do pojemnika napięcie wyjściowe maleje.

Czułość układu jest regulowana za pomocą zmiennego rezystora. Jak widać na rysunku, jako czujnika wody użyto pary drutów. W praktyce jeden z przewodów może zostać umieszczony na dnie pojemnika, a drugi służyć do detekcji poprawnego poziomu wody. Porządny wygląd czujnika można uzyskać mocując drut styku wewnątrz oprawki długopisu.

Czujnikiem wilgotności gleby mogą być dwa gwoździe wciśnięte w ziemię. Warto jednak wiedzieć, że do przylutowania przewodu do gwoździ jest potrzebna duża ilość ciepła. Moc zwyczajnej lutownicy do tego nie wystarczy.

Jako detektora deszczu można użyć kawałka uniwersalnej płytki drukowanej, krople deszczu będą zwierać miedziane ścieżki płytki, umożliwiając przepływ prądu. Nie jest to jednak godne polecenia, ponieważ płytka długo pozostaje wilgotna.

W ciągu długiego czasu miedź przenosi się drogą elektrolizy z jednej elektrody na drugą. Skutki tego zjawiska można ograniczyć przez stosowanie małego natężenia prądu i grubszych przewodów.

Istnieje układ scalony dostarczający napięcia zmiennego do czujników sensorowych (typu LM1830N). Prąd zmienny nie powoduje przenoszenia miedzi w jednym kierunku z elektrody na elektrodę. Zastosowanie tego układu jest znacznie kosztowniejszym rozwiązaniem z porównaniu z poprzednim. Jednakże trzeba je rozważyć w przypadku czujników poddawanych działaniu wody przez większość czasu (np. detektor minimalnego poziomu wody) przez długie okresy.

Procesory zatrzaskowe

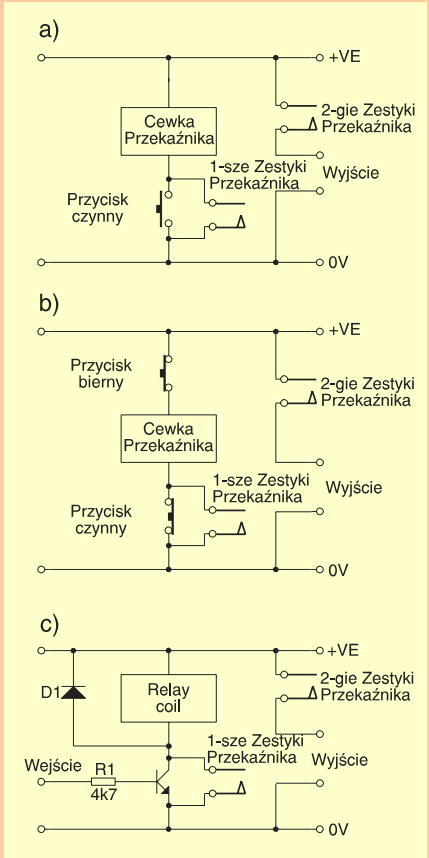
Zostaną omówione cztery rodzaje procesorów o działaniu zatrzaskowym:

1. przekaźnik,
2. tyrystor,
3. bramka logiczna OR,
4. przerzutnik z bramek logicznych.

Przekaźnikowy układ zatrzaskowy

Przekaźnik jako urządzenie wyjściowe został omówiony w pierwszej części tej serii. W formie układu zatrzaskowego przekaźnik może zostać użyty jako procesor lub jako układ wyjściowy. Elektronika rozwijała się tak szybko, że wielu czytelników nie stosowało przekaźników jako procesorów, chociaż jeszcze nie tak dawno centrale telefoniczne były wypchane przekaźnikami (w Polsce są nadal - przyp. tłum.), sortującymi i łączącymi rozmowy. Wiele osób pamięta zapewne połączenia telefoniczne z irytującymi trzaskami w tle, powodowanymi kurzem na zestykach przekaźników.

Nowoczesne szczelne przekaźniki działają bardzo sprawnie, i doskonale nadają się do użytku w formie pojedynczych układów zatrzaskowych o dużym prądzie



Rys. 3.5. Przekaźnikowe układy zatrzaskowe, (a) układ podstawowy, (b) układ z wyłącznikiem, (c) układ z tranzystorem.

wyjściowym. Trzeba jednak podkreślić, że do opisanych układów potrzebne są przekaźniki o dwóch parach zestyków.

Na **rys. 3.5a** pokazano, jak cewka przekaźnika (przedstawiona w formie prostokąta) jest pobudzana przyciskiem czynnym. Obie pary zestyków zwierają się wtedy. Jeden z nich jest połączony równolegle z czynnym przyciskiem. Po zwolnieniu przycisku prąd nadal płynie przez cewkę za pośrednictwem pierwszej pary zestyków, innymi słowy przekaźnik został zatrzaśnięty. Druga para zestyków może zostać użyta do włączenia lampy, silnika itp.

Przekaźnik może zostać zwolniony przez wyłączenie napięcia zasilania. Ewentualnie można do tego celu użyć przycisku biernego, jak na **rys. 3.5b**. Jest to jeden z kilku punktów, w których można umieścić przycisk bierny. Spróbujcie znaleźć inne!

Tranzystorowy układ sterujący

W pierwszej części tej serii połączenie przekaźnika z tranzystorem zostało omówione i zilustrowane w formie modułu wyjściowego (**rys. 1.13c**). Schemat na **rys 3.5.c** ilustruje sposób, w jaki to połączenie może zostać zmodyfikowane, aby prze-

kaźnik mógł się zatrzasnąć. Pierwsza para zestyków jest połączona z kolektorem (c) i emiterem (e) tranzystora. Oporność szeregowego rezystora R1 powinna zawierać się w granicach od 2kW do 5kW, a typowym tranzystorem jest BC108, BC184L, BC549, lub podobny.

Trzeba sprawdzić, czy prąd pobierany przez cewkę przekaźnika nie przekracza maksymalnej dopuszczalnej wartości prądu kolektorowego tranzystora. W razie wątpliwości należy użyć tranzystora Darlingtona TIP121 lub TIP122, omówionych w części 1 (**rys. 1.13b**). Trzeba zwrócić uwagę na użycie diody D1, koniecznej do eliminacji przepięć powstających w cewce przekaźnika, mogących zniszczyć tranzystor.

Układ można wyłączyć za pomocą przycisku biernego, takiego jak na **rys. 3.5b**.

A oto podsumowanie trzech przekaźnikowych układów zatrzaskowych z **rys. 3.5**:

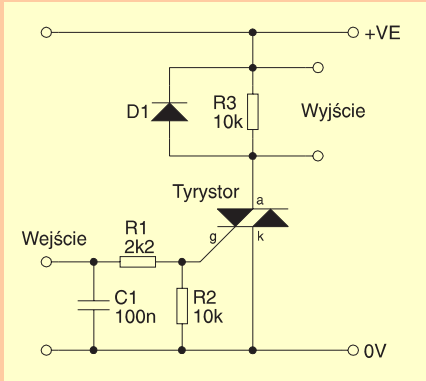
Zalety:
proste przełączanie,
wymaga niewiele elektroniki,
łączy zatrzaskiwanie z dużą wydajnością prądową wyjścia.

Wady:
niezbyt łatwy do elektronicznego wyłączenia,
najmniejszy przekaźnik jest duży w porównaniu z innymi urządzeniami o podobnym działaniu,
przekaźniki są stosunkowo drogie,
zestyki przekaźnika zużywają się,
rozwiązanie mało eleganckie, gdy jest wymagane kompleksowe ustawianie/kasowanie.

Tyrystorowy układ zatrzaskowy

Schemat pokazany na **rys. 3.6** jest szczególnie prosty, zastosowano w nim bowiem jedno tylko urządzenie, tyrystor, zwany czasem SCR (silicon controlled rectifier - półprzewodnikowym prostownikiem sterowanym). Tak jak tranzystor, tyrystor ma trzy elektrody, anodę (a), katodę (c) i odpowiednik bazy, bramkę (g).

Pod wpływem małego prądu, dopływającego do bramki, tyrystor zaczyna przewodzić, ale w przeciwieństwie do tranzystora, raz wyzwolony, nie przestaje przewodzić, czyli pozostaje zatrzaśnięty. Wyłączyć go można wyłączeniem zasilania, albo biernym wyłącznikiem, takim jak na **rys. 3.5b**, który przerwie przepływ prądu w obwodzie anodowym. Układ taki może być uważany za zatrzaskiwany układ wyjściowy (czyli połączone moduły procesora i wyjściowy). Sugerowany typ tyrystora to C106 lub C106D, który może przełączać prądy o natężeniu około 1,7A.



Rys. 3.6. Tyrystorowy układ zatrzaskowy.

Tyrystor może zostać przypadkowo wyzwolony, trzeba więc stosować środki zapobiegawcze. W tym przypadku jest to obwód C1-R1, zapewniający, że tyrystor zostanie wyzwolony tylko zdecydowanie dodatnim napięciem. Przez rezystor R3 w obwodzie wyjściowym wyzwolonego tyrystora przepływa zawsze prąd o minimalnym natężeniu, uniemożliwiający przypadkowe wyłączenie się tyrystora wskutek fluktuacji poboru prądu przez obciążenie (np. silnik). Dioda D1 służy do eliminacji przepięć, powstających w urządzeniach elektromagnetycznych, jak silniki czy przekaźniki. Można ją pominąć, jeżeli obciążenie składa się tylko z żarówek lub LED.

Podsumowanie tyrystorowego układu zatrzaskowego jest następujące:

Zaleta:
prosty i tani,

Wady:
niezbyt łatwy do elektronicznego wyłączenia,
raczej prymitywny w tu opisywanych zastosowaniach.

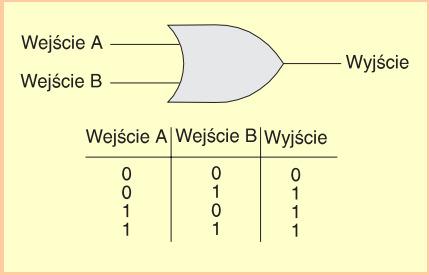
Przypisywanie tyrystorom głównego zastosowania w układach takiego rodzaju jak moduł na **rys. 3.6** byłoby niesłuszne. W rzeczywistości głównymi zastosowaniami tyrystorów i ich bliskich krewniaków, triaków, są układy sterujące różnymi urządzeniami napięcia zmiennego, jak na przykład sieciowe ściemniacze oświetlenia.

Układy zatrzaskowe z bramek logicznych

W układach opisanych w tej sekcji zastosowano dwuwejściowe bramki logiczne CMOS z jednym wyjściem serii 4000.

Pierwszą z nich jest bramka OR (np. typu 4071B). Jeden układ scalony zawiera cztery takie bramki, a w opisywanym układzie potrzebna jest jedna. Wszystkie nie używane wejścia powinny więc zostać połączone z 0V, (albo, jeśli wygodniej, z dodatnim biegunem zasilania). Rozmieszczenie wyprowadzeń układu jest podane na rys. 1.14 w części 1.

Bramki logiczne CMOS zostały omówione w części 1 (rys. 1.9 do 1.11), ale z oboma wejściami połączonymi razem, co



Rys. 3.7. Tabela prawdy bramki OR.

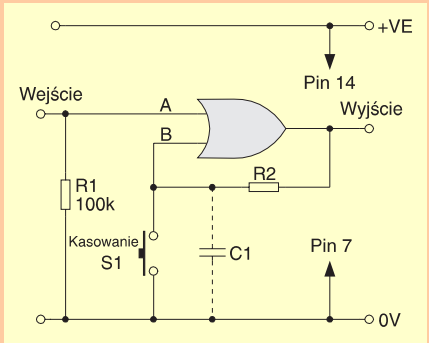
zamieniało bramki w bufory albo inwertery. Do zrozumienia zależności stanu wyjściowego bramki od stanów jej niezależnie sterowanych wejść używa się **tabeli prawdy**. Dla uproszczenia przyjęto, że stan logiczny 1 oznacza stan "wysoki", czyli napięcie zbliżone do zasilającego, a stan logiczny 0 oznacza stan "niski", czyli napięcie bliskie 0V. (Logiczne poziomy napięciowe zostały bardziej szczegółowo omówione w części 1.)

Tabela prawdy bramki OR (LUB) jest przedstawiona na **rys. 3.7**. Tabela ta pokazuje wszystkie możliwe kombinacje stanów logicznych wejść (czyli 00, 01, 10 i 11) i odpowiadające im stany wyjścia. Jeżeli oba wejścia są w stanie 0, to wyjście także jest w stanie 0, ale jeżeli choć jedno z wejść jest w stanie 1 to wyjście również jest w stanie 1. Innymi słowy, skutkiem stanu 1 wejścia A, LUB wejścia B, jest stan 1 wyjścia.

Zatrzaskująca się bramka OR

Schemat zatrzaskującej się bramki OR jest pokazany na **rys. 3.8**. Zatrzaskiwanie się bramki jest powodowane przez rezystor R2, łączący jej wyjście z wejściem B. Jeżeli wejście A zostanie wprowadzone w stan logiczny 1 (na przykład przez połączenie przyciskiem z napięciem zasilającym), to wyjście także przejdzie w stan logiczny 1 pociągając za sobą wejście B. Pomimo że wejście A powróci następnie do stanu logicznego 0, to bramka pozostanie zatrzaśnięta z wyjściem w stanie logicznym 1.

Trzeba pamiętać, że wejścia CMOS nigdy nie mogą zostać pozostawione "w po-



Rys. 3.8. Zatrzask z bramki OR.

wietrzu", czyli nie połączone z niczym. Wejście A musi więc zostać zabezpieczone przed takim stanem i dlatego pod nieobecność stanu 1 rezystor R1 wiąże je z 0V. Jeżeli wejście jest bezpośrednio połączone z innym modułem (bez kondensatora przekazującego sygnał pomiędzy obu modułami), albo z wyjściem innej bramki, to R1 można pominąć.

Oporność rezystora sprzężenia zwrotnego R2 nie jest krytyczna i można zastosować dowolną, np. 10kW do 1MW. Jeżeli układ kasujący nie jest potrzebny, to rezystor ten można zastąpić zworką z drutu. Naciśnięcie czynnego przycisku kasującego S1 wymusza stan logiczny 0 na wejściu B. O ile w tym momencie wejście A jest również w stanie logicznym 0, to wyjście powróci do stanu logicznego 0.

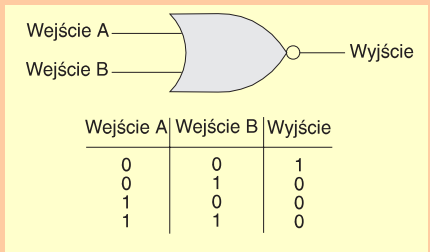
W czasie włączania zasilania układu, wyjście może zatrzasnąć się w stanie logicznym 1, nawet gdy wejście A jest w stanie logicznym 0. Można tego uniknąć, jeżeli równolegle z przyciskiem S1 dołączy się kondensator o małej pojemności (C1). Kondensator ten zapewni, że zawsze po włączeniu wyjście będzie w stanie logicznym 0. Typowa pojemność tego kondensatora wynosi 100nF (0,1µF). Przycisk kasujący może zostać pominięty, gdy nie jest potrzebny, ale kondensator C1 musi pozostać, aby układ mógł działać poprawnie.

Zatrzaskująca się bramka NOR

Z bramki OR można wykonać bardzo prosty zatrzask, ale czasem użycie dwóch bramek NOR (NIE-LUB) może okazać się wygodniejsze. (Istnieją specjalnie zaprojektowane scalone układy zatrzasków, nie będą jednak tu omawiane.) Tabela prawdy bramki NOR jest pokazana na **rys. 3.9**.

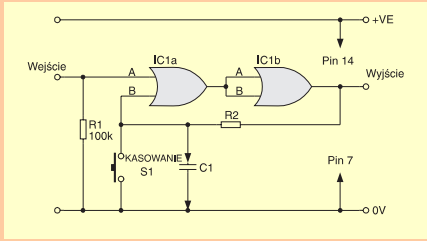
Można zauważyć, że wyjściowe stany logiczne bramki NOR są dokładnie odwrotne w stosunku do bramki OR. Jeżeli oba wejścia zostaną połączone razem, to gdy oba są w stanie logicznym 0, to wyjście jest w stanie logicznym 1, a gdy oba wejścia są w stanie logicznym 1 to wyjście jest w stanie logicznym 0. Innymi słowy, bramka pełni wówczas rolę inwertera (lub bramki NOT - NIE).

Układ zatrzaskowy, który można utworzyć z dwóch bramek NOR, jest pokazany na **rys. 3.10**. Druga bramka tego układu, IC1b, została użyta jako inwerter, a poza tym układ nie różni się od układu z **rys. 3.8**. Podobnie i w tym przypadku oporność rezystora R2 nie jest krytyczna, i może zawierać się w granicach od 10kW do 1MW. Zastosowanie kondensatora C1 jest również identyczne.



Wejście A	Wejście B	Wyjście
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Rys. 3.9. Tabela prawdy bramki NOR.



Rys. 3.10. Zatrzask z bramek NOR.

Przerzutnik zatrzaskowy

Alternatywny układ zatrzaskowy z dwóch bramek NOR jest przedstawiony na **rys. 3.11**. Jego działanie zatrzaskowe nie jest tak oczywiste, jak układu z **rys. 3.10**, jest jednak uważany za rozwiązanie bardziej profesjonalne. Działa w następujący sposób:

Gdy do wejścia ustawiającego (SET) zostanie na krótko doprowadzony stan logiczny 1, to wyjście nieodwracające przerzuci się ze stanu logicznego 0 do stanu logicznego 1.

Gdy do wejścia kasującego (RESET) zostanie na krótko doprowadzony stan logiczny 1, to wyjście nieodwracające przerzuci się z powrotem do stanu logicznego 0.

Oba wejścia, ustawiające i kasujące, są połączone rezystorami R1 i R2 z 0V. Ich oporności nie są istotne i mogą wynosić od 10kW do 1MW. Mogą one zostać pominięte, gdy wejścia ustawiające i kasujące są bezpośrednio połączone z innym modułem.

W momencie włączania zasilania układ może ustawiać się w przypadkowym stanie. W celu zapewnienia w czasie rozruchu każdorazowego ustawienia wyjścia nieodwracającego w stanie logicznym 0, pomiędzy linią napięcia zasilającego a wejściem kasującym trzeba włączyć kondensator C1. Typową jego pojemnością jest 100nF (0,1µF). W momencie włączania zasilania kondensator ten wywoła na wejściu kasującym impuls dodatni. Jest to jeszcze jeden przykład sprzężenia zmiennoprądowego, które było omawiane w części 2 (rys. 2.5).

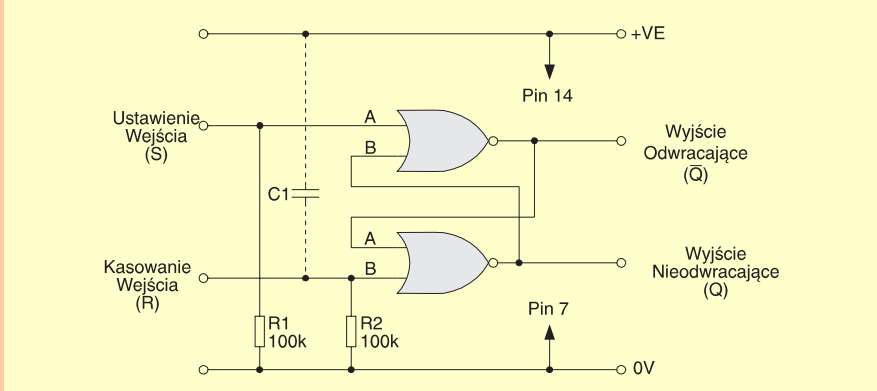
Moduły sterowania kierunkiem obrotów silnika

Omówiono dwa moduły sterowania kierunkiem obrotów silników prądu stałego:
a. moduł przekaźnikowy,
b. moduł tranzystorowy.

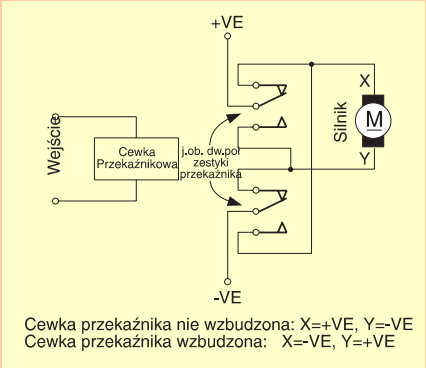
Przekaźnikowy moduł sterowania kierunkiem obrotów silnika

Do sterowania silnikiem lub innym urządzeniem, wymagającym odwracania polaryzacji zasilania, można użyć każdego dwuobwodowego, dwupołożeniowego przełącznika w sposób przedstawiony na **rys. 3.12**. Gdy cewka przekaźnika nie jest wzbudzona, silnik będzie wirował w jednym kierunku, a gdy zostanie wzbudzona, w drugim. Silnik będzie w ruchu niezależnie od wzbudzenia przekaźnika, w układzie nie ma bowiem głównego wyłącznika. Trzeba jednak podkreślić, że ten prosty układ nie nadaje się do praktycznego użytku, ponieważ przełączanie kierunku obrotów silnika w biegu jest zabiegiem zbyt brutalnym i dla silnika i dla zestyków przekaźnika. W układzie przełączającym z **rys. 3.12** do włączania i wyłączania silnika można posłużyć się dodatkowym przekaźnikiem lub parą Darlingtona (zob. część 1 rys. 1.13c i rys. 1.13b).

Trzeba odnotować, że wyprowadzenie oznaczone na **rys. 3.12** przez - VE można zwyczajnie połączyć z 0V. Można też, jeżeli użyto układu Darlingtona z rys. 1.13b, połączyć wyprowadzenie - VE z



Rys. 3.11. Przerzutnik zatrzaskowy.



Rys. 3.12. Przekaźnikowy sterownik kierunku obrotów silnika.

kolektorem (c) tranzystora Darlingtona.

Przy wyborze przekaźnika trzeba upewnić się, czy ma on odpowiednie zestyki i czy wytrzymują one prąd pobierany przez silnik. Napięcie zasilania cewki musi być równe napięciu zasilania układu.

Podsumowanie przekaźnikowego układu sterowania kierunkiem obrotów silnika jest następujące:

Zalety:
prosty układ,
nie jest wymagana płytka drukowana.

Wady:
zużywanie się zestyków, zwłaszcza gdy przełącza się kierunek obrotów w czasie działania silnika,
wymaga oddzielnego wyłącznika silnika,
niepotrzebny pobór prądu przez przekaźnik, jeżeli pozostanie on wzbudzony po wyłączeniu silnika.

Tranzystorowy moduł sterowania kierunkiem obrotów silnika

Rys. 3.13 pokazuje, jak można użyć tranzystorów do przełączania kierunku obrotów elektrycznego silnika prądu stałego. Układ ten może być sterowany przez przełączniki lub układy scalone.

Do zrozumienia działania tego układu jest konieczne zrozumienie różnic pomiędzy tranzystorami npn i pnp. Tranzystory TR1, TR2, TR3 i TR5 są typu npn. Każdy z nich działa w tym układzie jak przełącznik i przewodzi (czyli przepływa przez niego prąd od kolektora do emitera), gdy napięcie jego bazy utrzymuje się na poziomie około 0,7V powyżej napięcia emitera. Natomiast tranzystory TR4 i TR6 są typu pnp, i każdy z nich zostaje włączony, gdy napięcie jego bazy utrzymuje się na poziomie około 0,7V poniżej napięcia emitera.

Jeżeli wejście 1 jest utrzymywane na poziomie logicznym 1, a wejście 2 na poziomie logicznym 0, to tranzystor TR1 jest włączony, w skutek czego napięcie w punkcie A obniża się do 0V, pociągając za sobą bazy TR3 i TR4. W rezultacie TR3 zostaje wyłączony, a TR4 włączony, i napięcie w punkcie X wynosi 0V.

Równocześnie TR2 jest wyłączony (napięcie na wejściu 2 wynosi przecież 0V), co powoduje, że napięcie w punkcie B dzięki rezystorowi R3 jest dodatnie. Z punktem B łączą się bazy TR5 i TR6, zatem TR5 jest włączony, a TR6 wyłączony. Dzięki temu z linii napięcia zasilania przez TR5 płynie prąd do punktu Y, następnie przez silnik do punktu X, po czym przez TR4 do 0V.

Działanie logicznych poziomów sterujących jest więc następujące:
poziom logiczny 0 na obu wejściach - silnik stoi
(X = + VE, Y = + VE)
poziom logiczny 1 tylko na wejściu 1 - silnik obraca się w przód
(X = 0V, Y = + VE)
poziom logiczny 1 tylko na wejściu 2 - silnik obraca się wstecz
(X = + VE, Y = 0V)
poziom logiczny 1 na obu wejściach - silnik stoi
(X = 0V, Y = 0V)

W obwodach baz tranzystorów TR1 i TR2 znajdują się rezystory (R1 i R2), ograniczające prąd dopływający do bazy każdego z nich. Kondensatory C1 i C2 usuwają przypadkowe impulsy, które mogłyby zakłócić działanie układu. Cztery diody D1...D4 eliminują przepięcia, powstające przy przełączaniu silnika, mogące zniszczyć tranzystory. Połączony równolegle z silnikiem kondensator C3 również służy do eliminacji powstających w nim impulsów zakłócających. Silnik łączy się zwykle z układem długimi przewodami, i w takim przypadku bezpośrednio do wyprowadzeń silnika warto przyłączyć drugi kondensator, o pojemności np. 100nF.

Jako TR1 i TR2 można użyć dowolnych tranzystorów o dużym wzmocnieniu. Proponowane tranzystory mocy pozwolą sterować silnikiem pobierającym prąd o natężeniu przekraczającym 1A. Będą one wymagały użycia radiatorów (czyli płytek metalowych przymocowanych do ich obudów), przeciwdziałających ich przegrzewaniu się. W razie wątpliwości należy poeksperymentować.

Podsumowanie tranzystorowego układu sterowania kierunkiem obrotów silnika jest następujące:

Zalety:
umożliwia włączanie, wyłączanie i zmianę kierunku obrotów,
pobiera niewiele prądu,
jest łatwy do sterowania układami logicznymi,
rozwiązanie bardziej profesjonalne.

Wada:
układ bardziej skomplikowany od przekaźnikowego.

Zmienna oporność

Układ zmiennej oporności, pokazany na **rys. 3.14**, może służyć do regulacji napięcia lub prądu, a zatem na przykład szybkości silnika lub jasności lampy. Jest to układ, który z powodu swojej prostoty często kusi początkujących.

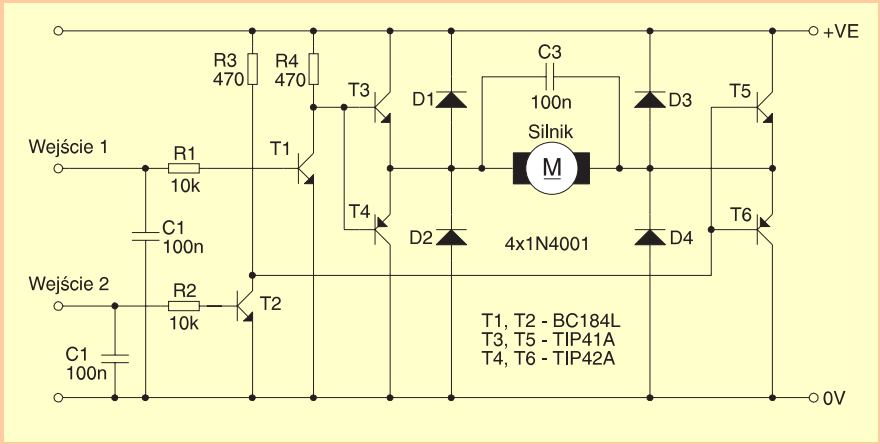
Przed pojawieniem się tranzystorów, triaków, stabilizatorów itp. układ ten był często wykorzystywany do sterowania prądem i napięciem, na przykład w ściemniaczach teatralnych. Problemy stwarzała konieczność tracenia w rezystorze nie zużytej przez lampy energii. Rezystor ten musiał być bardzo duży i przy małej jasności stawał się bardzo gorący.

Inną trudność sprawiała zależność napięcia wyjściowego od oporności urządzenia pobierającego prąd (pamiętacie prawo Ohma?). Wobec tego napięcie wyjściowe było zupełnie nieprzewidywalne, chyba że regulator był używany wyłącznie do jednego urządzenia.

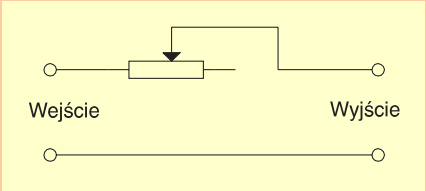
Podsumowanie układu sterującego ze zmienną opornością:

Zaleta:
prostota.

Wady:
wymagane zmienne rezystory dużej mocy, a zatem duże i kosztowne,
nieprzewidywalne napięcie wyjściowe,



Rys. 3.13. Tranzystorowy sterownik kierunku obrotów silnika.



Rys. 3.14. Układ zmiennej oporności.

napięcia wyjściowego nie da się zredukować do zera.

Regulator potencjometryczny

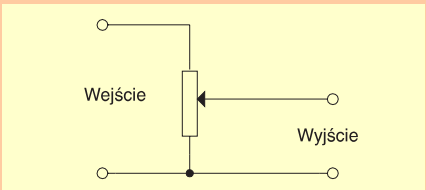
Na **rys. 3.15** jest pokazany potencjometr, którego wszystkie trzy wyprowadzenia są wykorzystywane. W takiej konfiguracji napięcie wyjściowe może zmieniać się wraz z ruchem suwaka (przedstawionego w formie strzałki) od 0V do pełnego napięcia wejściowego. Teoretycznie przy danym napięciu wejściowym napięcie wyjściowe jest dokładnie wyznaczone pozycją suwaka. Innymi słowy, jeżeli potencjometr jest typu liniowego (w przeciwieństwie do typu logarytmicznego), a suwak jest dokładnie w połowie zakresu, to napięcie wyjściowe będzie połową napięcia wyjściowego - o ile z suwaka nie będzie pobierany prąd!

Jeżeli zadaniem tego układu jest dostarczanie i napięcia i prądu, można przyjąć rozwiązanie kompromisowe, umożliwiające pobieranie prądu z suwaka, pod warunkiem, że nie przekracza on np. 1/10 prądu przepływającego przez główny rezystor potencjometru. Napięcie wyjściowe będzie wówczas w przybliżeniu równe oczekiwanemu.

Niestety silnik lub lampa wymagają znacznego prądu. Na przykład przy poborze prądu o natężeniu 0,5A, potrzebny byłby potencjometr o oporności umożliwiającej przepływ prądu o natężeniu 5A. Nie tylko potrzebny potencjometr byłby ogromny i kosztowny, ale ilość traconej w nim energii byłaby nie do zaakceptowania. Potencjometryczna metoda sterowania nadaje się więc tylko do obwodów o małych prądach, jak na przykład do regulacji głośności wzmacniacza.

Podsumowanie potencjometrycznego regulatora napięcia jest następujące:

Zalety:
stabilne i przewidywalne napięcie wyjściowe,
napięcie wyjściowe da się zredukować do 0V.



Rys. 3.15. Potencjometryczny regulator napięcia.

Wada:
nadaje się tylko do układów o małym prądzie.

Rozwiązanie doskonałe

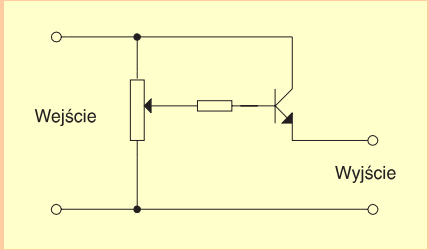
Układ potencjometryczny z **rys. 3.15** nadawałby się doskonale do regulacji szybkości silników lub jasności lamp, gdyby dało się zwiększyć natężenie prądu pobieranego z suwaka. Ale okazuje się, że nowoczesne tranzystory pozwalają to zrealizować!

Rys. 3.16 ilustruje sposób, w jaki do wzmocnienia prądu pobieranego z suwaka potencjometru można użyć tranzystora npn. W układzie tym napięcie wyjściowe jest wyznaczane przez pozycję suwaka potencjometru, natomiast prąd wyjściowy, pobierany z emitera (e) tranzystora, jest równy prądowi dopływającemu do bazy (b) tranzystora, pomnożonemu przez jego wzmocnienie prądowe. Trzeba jednak pamiętać, że baza tranzystora npn zawsze utrzymuje napięcie o 0,7V wyższe od napięcia emitera. Innymi słowy, w układzie jak na **rys. 3.16**, napięcie emitera będzie zawsze utrzymywało się o 0,7V poniżej napięcia suwaka potencjometru. W rezultacie napięcie wyjściowe może być zmieniane tylko w zakresie od 0V do pełnego napięcia wejściowego mniej 0,7V.

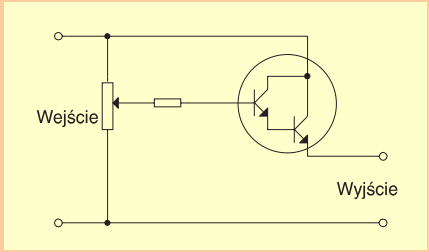
Szeregowy rezystor ogranicza do bezpiecznego natężenia prąd bazy, jaki mógłby popłynąć przy maksymalnym napięciu wejściowym.

Układ może jednak wywoływać pewne trudności w przypadku dużych prądów. Tranzystory dużej mocy mają zazwyczaj niewielkie wzmocnienie. Potrzebny jest zatem tranzystor dużej mocy i o dużym wzmocnieniu. Rozwiązanie ułatwia omówiony w części 1 tranzystor Darlingtona (rys. 1.13b). Jest to para tranzystorów, jeden o dużym wzmocnieniu, a drugi o dużym prądzie. Wygodnie jest używać ich w jednej obudowie, wyglądają jak tranzystor mocy. Trzeba jednak pamiętać, że napięcie emitera drugiego tranzystora pary Darlingtona utrzymuje się o 1.4V poniżej napięcia bazy pierwszego tranzystora.

Schemat układu z parą Darlingtona jest pokazany na **rys. 3.17**. Typowe elementy tego układu to potencjometr 10kW, rezystor szeregowy 1kW i tranzystor Darlingtona TIP121 lub TIP122. Jeżeli stosuje się



Rys. 3.16. Potencjometryczny regulator napięcia zbuforowany tranzystorem.



Rys. 3.17. Potencjometryczny regulator napięcia zbuforowany tranzystorem Darlingtona.

osobne tranzystory, to może to być BC184L lub podobny tranzystor o wysokim wzmocnieniu i tranzystor mocy TIP41A.

Podsumowanie regulatorów napięcia z **rys. 3.16** i **rys. 3.17** jest następujące:

Zalety:
napięcie wyjściowe jest dokładnie regulowane potencjometrem,
napięcie wyjściowe da się zredukować do 0V,
napięcie wyjściowe w niewielkim stopniu zależy od prądu,
prąd wyjściowy, zależnie od zastosowanego tranzystora, może osiągać kilka amperów,
stosuje się mały i tani potencjometr.

Wada:
maksymalne napięcie wyjściowe jest niższe od napięcia wejściowego.

Inne możliwości

Jeszcze dokładniejszą regulację napięcia umożliwiają nowoczesne układy scalone stabilizatorów napięcia. Ich wybór jest tak szeroki, że zainteresowanych tym rodzajem sterowania czytelników trzeba skierować do obszernych katalogów. Jednakże większość stabilizatorów nie daje możliwości obniżania napięcia wyjściowego do 0V. Jest to poważną wadą w przypadku sterowania silnikami, czy jasnością lamp.

Część czwarta

W części 4 tego cyklu zostaną omówione: przerzutnik astabilny, licznik dziesiętny, rezystory szeregowe dla LED oraz projekt konstrukcyjny elektronicznych kości do gry o zmiennej szybkości.

Projekt konstrukcyjny

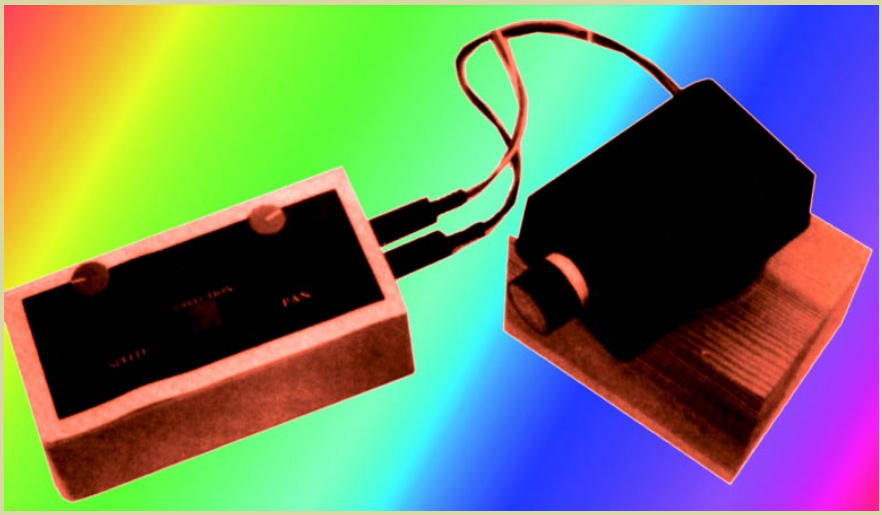
Przykładowym projektem konstrukcyjnym jest automatyczny system panoramicznego sterowania kamerą, opisany w kolejnym artykule w tym numerze EdW. Pokazuje on jak można praktycznie wykorzystać moduły opisane w tym artykule.

Max Horsey

Artykuł publikujemy na podstawie umowy licencyjnej z angielskim miesięcznikiem Everyday Practical Electronics.

AUTOMATYCZNY SYSTEM PANORAMOWANIA KAMERą

Budowa automatycznego systemu panoramowania kamerą, który rozszerza obszar przez nią nadzorowany, ilustruje sposób wykorzystania modułów przedstawionych w trzecim artykule z serii „Klocków elektrycznych". Artykuł niniejszy przedstawia sposób, w jaki można opisane moduły dobrać i zestawić w działające urządzenie. Tym razem będzie to układ do poruszania kamerą systemu nadzorującego w panoramicznym obszarze obserwacji. Szybkość oraz zakres jej ruchu kątowego dają się sterować przez układ, dzięki czemu system nabiera szczególnej przydatności do zdalnej obserwacji. Zakres ruchu kamery jest wyznaczony jednym tylko wyłącznikiem. Układ ten nadaje się do wszelkich urządzeń wymagających sterowanego odwracania kierunku ruchu. W niniejszym artykule wzmianki o oznaczeniach w rodzaju rys. 3.1 czy rys. 3.2 odnoszą się do rysunków zamieszczonych poprzednim artykule. Natomiast rysunki oznaczone rys. 1 lub rys. 2 są rysunkami tego artykułu.



Układ sterujący i makieta kamery na silniku panoramowania.

Założenia projektu

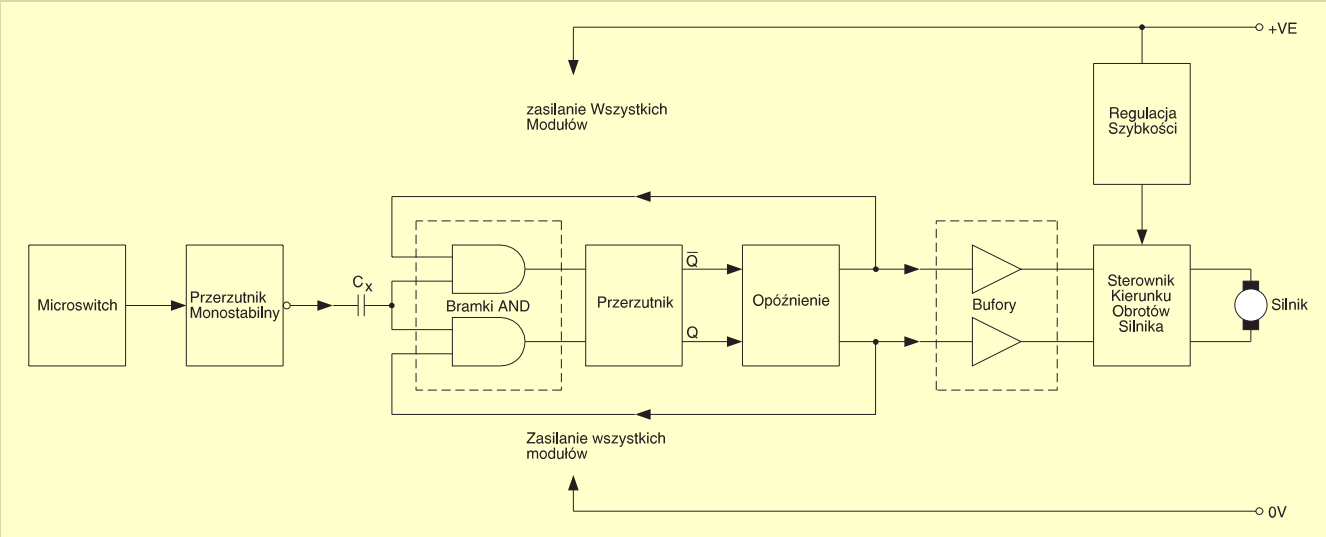
Jak zwykle przed rozpoczęciem projektowania urządzenia trzeba zdefiniować wymagania jakie ma ono spełniać. Projektowany układ do sterowania panoramicznym ruchem kamery winien spełniać pięć następujących podstawowych wymagań:

1. kątową pozycją kamery ma sterować silnik z przekładnią,
2. kamera ma poruszać się w sposób ciągły w granicach kontrolowanych przez układ,
3. kątowe granice oraz szybkość ruchu kamery są sterowane przez układ,
4. jeden mikrowyłącznik wyznacza środek kąta panoramowania,
5. układ jest zasilany napięciem stałym 12V.

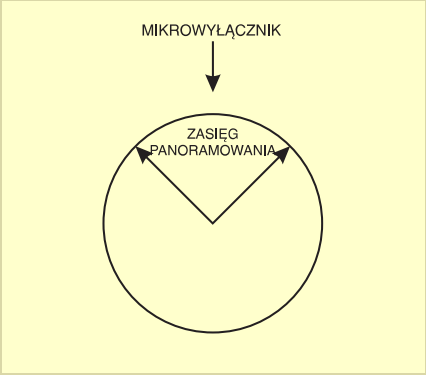
Schemat blokowy

Po ustaleniu założeń projektu, można przystąpić do sporządzenia schematu blokowego układu. Jest on przedstawiony na **rys. 1**. Aby schemat ten stał się zrozumiały, trzeba najpierw omówić wymagania samego silnika i odwracalności jego obrotów.

Zastosowano silnik prądu stałego, ponieważ łatwo daje się odwracać kierunek jego obrotów przez odwracanie polaryzacji zasilania. Napięcie zasilające jest doprowadzane do silnika za pośrednictwem modułu regulatora szybkości obrotów.



Rys. 1 Schemat blokowy automatycznego systemu panoramowania kamerą.



Rys. 2 Zasięg panoramowania w stosunku do pozycji mikrowyłącznika.

Bardzo ważną rolę pełni układ opóźniający, zatrzymujący silnik na krótką chwilę przed odwróceniem kierunku obrotów i uniemożliwiający w ten sposób gwałtowną ich zmianę. Moduł opóźnienia jest zaopatrzony w bufor, którego zadaniem jest dostarczanie do układu odwracania kierunku obrotów czystych, nie zakłóconych, poziomów logicznych. Kierunek obrotów silnika jest wyznaczony przez stan przerzutnika. Sprzężenie zwrotne z wyjść układu opóźniającego jest doprowadzone do odpowiednich wejść przerzutnika za pośrednictwem bramek AND.

Z analizy przerzutnika z bramek NOR na rys. 3.11 wynika, że dodatni impuls doprowadzony do wejścia ustawiającego (S) wywołuje zatrzaśnięcie wyjścia nieodwracającego (Q) na poziomie wysokim. Zaś dodatni impuls doprowadzony do wejścia kasującego (R) wywołuje zatrzaśnięcie wyjścia odwracającego (nie-Q, czyli Q\) na poziomie wysokim. W rezultacie każdy dodatni impuls doprowadzony wspólnie do drugich wejść bramek AND wywoła wzajemną zamianę stanów wyjść Q i Q\.

Impuls wyzwalający

Działanie systemu jest poprawne, gdy impuls dochodzący do wspólnego wejścia bramek AND jest krótki. Szeregowy kondensator Cx na **rys. 1** (sprzężenie zmiennoprądowe) zapewnia dotrzymanie tego warunku. Zmiany poziomów logicznych wyjść nie mogą zachodzić zbyt szybko, więc sygnały sprzężenia zwrotnego do bramek AND są pobierane za modułami opóźnienia.

Jak widać na schemacie na **rys. 1**, kontrolę całego układu w czasie, a zatem zakres obrotu kamery, sprawuje przerzutnik monostabilny. W centralnym punkcie ruchu kamery jest uruchamiany mikrowyłącznik, który wyzwala przerzutnik monostabilny. Różne rodzaje takich przerzutników zostały opisane w części 2 "Klocków Elektronicznych".

Długość impulsu przerzutnika monostabilnego wyznacza czas, w którym kamera obraca się w jednym kierunku, poczynając od momentu uruchomienia mikrowyłącznika. Im ten czas jest dłuższy, tym szerszy jest kąt panoramowania kamery, jak ilustruje **rys. 2**. Oznacza to, że kąt obserwacji kamery jest kontrolowany w pełni przez układ, a nie przez pozornie prostszy zespół dwóch wyłączników wmontowanych w podstawę kamery.

Układ główny

Całkowity schemat układu jest pokazany na **rys. 3**. Dwie bramki NOR, IC1a i IC1b, tworzą przerzutnik monostabilny. Układ taki został omówiony w części 2 "Klocków Elektronicznych" (rys. 2.8.).

Wejście 1 IC1a w stanie spoczynkowym jest utrzymywane przez rezystor R1 na poziomie 0V, jednak naciśnięcie mikrowyłącznika S1 łączy je z napięciem zasilania. Kondensator C1 eliminuje wszelkie zakłócenia, które mogłyby się indukować w (zwykle długim) przewodzie, łączącym S1 z układem.

Czas trwania przerzutu jest wyznaczony przez kondensator C2 i sumaryczną oporność potencjometru VR1 z rezystorem R2. Ten ostatni stanowi minimalną oporność, gdy oporność potencjometru VR1 zostanie zredukowana do zera. Maksymalny czas przerzutu wynosi przy przyjętych wielkościach elementów 33 sekundy.

"Normalnym" sygnałem wyjściowym, z wyjścia 4 IC1b, jest stan wysoki, pojawiający się natychmiast po wyzwoleniu przerzutnika i kończący się przerzutem do 0V z chwilą upływu czasu przerzutu. W tym jednakże przypadku celowe jest posłużenie się sygnałem z wyjścia 3 pierwszej bramki, IC1a, które z końcem czasu przerzutu przerzuca się do stanu wysokiego. Inaczej mówiąc, przerzutnik monostabilny zostaje wyzwolony przez mikrowyłącznik, ale dodatni impuls otrzymuje się z niego dopiero po upływie czasu przerzutu. Impuls ten zostaje przesłany przez kondensator C3 do wejść 6 i 1 dwóch bramek AND, odpowiednio IC2b i IC2a. Taki sposób generacji impulsów został omówiony w części 2 "Klocków Elektronicznych" (sprzężenie zmiennoprądowe, rys. 2.5.). Rezystor R3 wyznacza czas opadania impulsu i utrzymuje wejścia 1 i 6 IC2 na poziomie 0V. Dioda D1 zapobiega pojawieniu się impulsu ujemnego, mogącego powstać w momencie wyzwolenia przerzutnika, gdy wyjście 3 IC1a przerzuca się ze stanu wysokiego do 0V.

Przerzutnik i opóźnienie

Przerzutnik składa się z dwóch sprzężonych krzyżowo bramek NOR, IC1c i IC1d. Działanie przerzutnika z bramkami AND zostało opisane wraz ze schematem blokowym.

Z wyjściami przerzutnika łączą się dwa układy opóźniające, utworzone z rezystorów R4...R7, diod D2 i D3 oraz kondensatorów C4 i C5. Oba układy są identyczne. Gdy na przykład wyjście 10 IC1c przerzuca się ze stanu niskiego (0V) do wysokiego, to ten skok napięcia zostaje opóźniony o czas ładowania C4 przez R4. Opóźnienie to można w razie potrzeby modyfikować doborem pojemności C4.

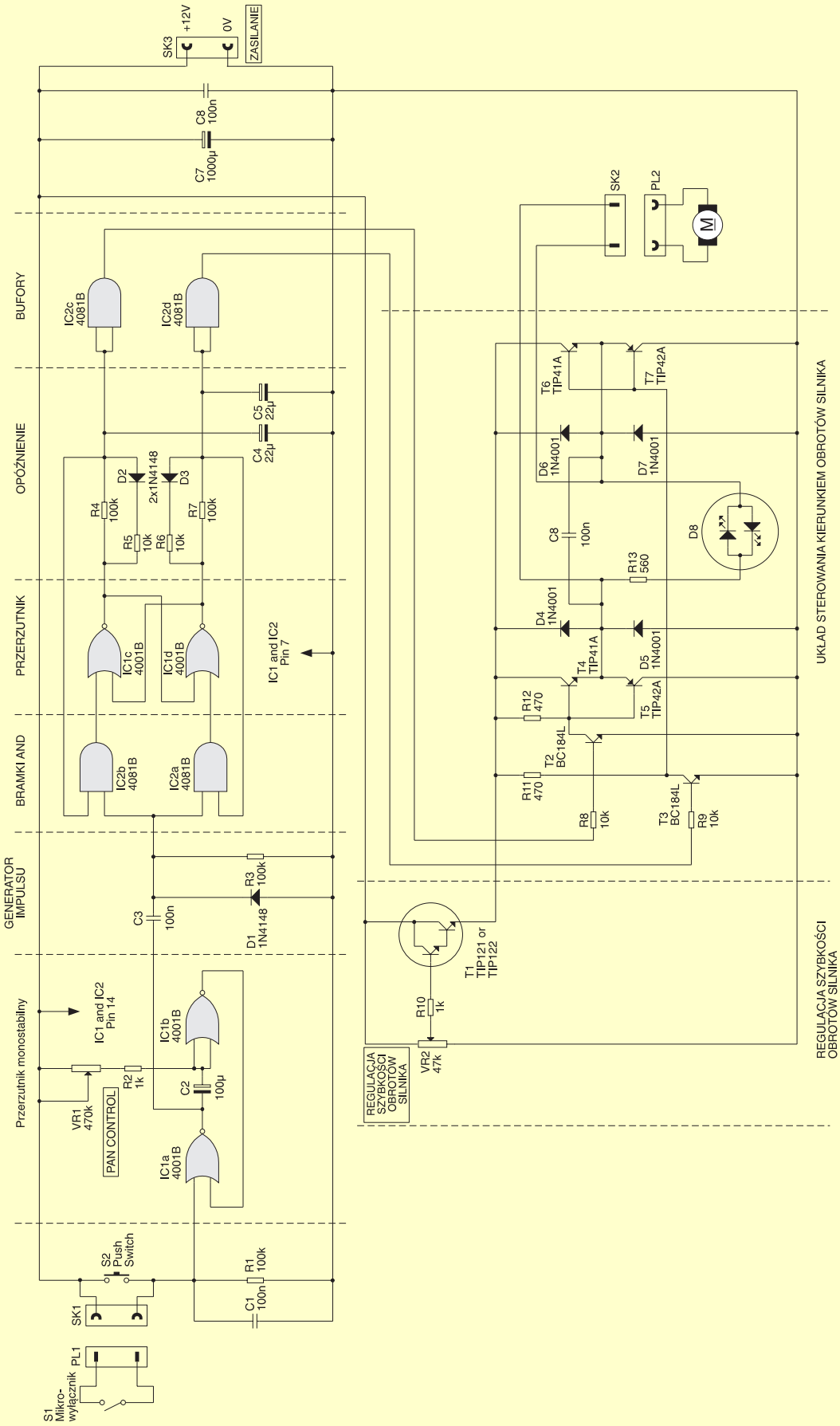
Bramka AND IC2c służy jako bufor i zmienia stan wyjścia tylko wtedy, gdy napięcie na C4 osiągnie poziom progowy, około połowy napięcia zasilającego (zgodnie z opisem w części 1 i 2 " Klocków Elektronicznych"). Dzięki zastosowaniu bufora uzyskuje się czysty przerzut napięcia wyjściowego, które przez rezystor R8 zostaje doprowadzone do bazy tranzystora TR2. Gdy wyjście 10 IC2c przerzuca się z powrotem do 0V, to C4 rozładowuje się prądem płynącym przez R4, D2 i R5. Rozładowuje się on znacznie szybciej, niż został naładowany, ponieważ oporność R5 jest znacznie mniejsza od oporności R4. Działanie układu opóźniającego pomiędzy IC1d a TR3 jest identyczne. W rezultacie, gdy przerzutnik zmienia stan, silnik zostaje szybko wyłączony, po czym następuje krótka przerwa, po której silnik zaczyna obracać się w przeciwnym kierunku.

Sterowanie silnikiem

W zasadzie układ sterowania kierunkiem obrotów silnika jest identyczny jak na rys. 3.13. Jednakże dwa wejściowe kondensatory wygładzające, C1 i C2, które nie są w tym przypadku potrzebne, zostały pominięte.

Jeżeli kamera znajduje się z dala od układu sterującego, umieszczenie LED D8, sygnalizującej kierunek obracania się kamery, może okazać się pożyteczne. Idealnie nadaje się do tego dwukolorowa LED, której kolor świecenia, czerwony lub zielony, zależy od kierunku przepływu prądu. Gdy silnik nie porusza się, dioda gaśnie. Rezystor R13 jest niezbędny, ogranicza bowiem prąd w LED.

Regulację szybkości obrotów silnika umożliwia układ z tranzystorem Darlingtona TR1, potencjometrem VR2 i rezystorem R10. Układ ten jest identyczny z układem na rys. 3.13.



Rys. 3 Kompletny schemat automatycznego systemu panoramowania kamerą.

Kondensatory C7 i C8 służą do wygładzania napięcia zasilającego. W układach tego rodzaju, zawierających silniki wytwarzające zakłócenia i czułe bramki logiczne, są one niezbędne.

Ręczne sterowanie kierunkiem obrotów

Układ jest przeznaczony do działania bez nadzoru. Są jednakże sytuacje, w których ręczne sterowanie staje się potrzebne. Na przykład po uruchomieniu układu nie wie on w którym kierunku względem mikrowyłącznika powinien ruszyć.

Z tego powodu równolegle do mikrowyłącznika S1 dodano przycisk S2, który za pośrednictwem przerzutnika monostabilnego umożliwia ręczne przełączanie kierunku obrotów silnika. Jeżeli S1 jest rozłączony, albo na skutek odłączenia, albo połączonym z nim w szereg dodatkowym wyłącznikiem, S2 zapewnia pełną kontrolę nad kierunkiem ruchów kamery. Jest to szczególnie użyteczne, gdy potencjometrem VR1 został dobrany krótki czas przerzutu przerzutnika monostabilnego.

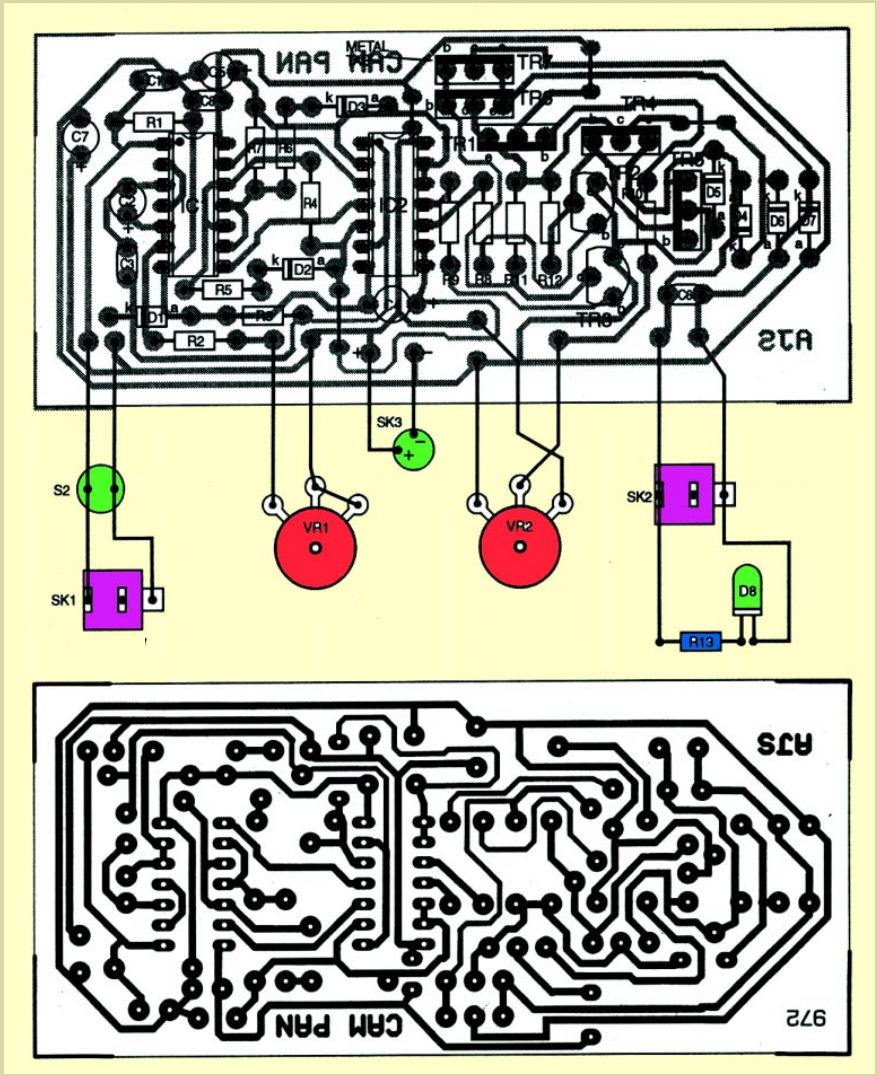
Przełącznik ten, wraz z regulatorem VR2 szybkości silnika, jest bardzo wygodny do śledzenia kamerą poruszającego się obiektu. Można by jeszcze użyć dodatkowego wyłącznika w obwodzie silnika, umożliwiającego natychmiastowe zatrzymanie kamery.

Montaż

Mozaika ścieżek płytki drukowanej oraz rozmieszczenie na niej elementów pokazuje **rys. 4**. Montaż należy zacząć od wlutowania podstawek układów scalonych i zworek, a następnie mniejszych elementów, nie zapominając o właściwym ukierunkowaniu diod, według zaznaczonych na rysunku pasków ich polaryzacji. Rezystory i kondensatory 100nF (C6 i C8) można montować w dowolny sposób, ale kondensatory elektrolityczne i tranzystory muszą zostać ukierunkowane zgodnie z rysunkiem. Nie wolno pomylić tranzystorów TIP121, TIP41A i TIP42A, wszystkie wyglądają bardzo podobnie.

Wmontowany w płytę czołową obrotowy potencjometr VR1, do sterowania panoramicznym ruchem (PAN) kamery, zgodnie z rysunkiem łączy się z płytką parą przewodów. Jako regulatora szybkości (SPEED), VR2, można użyć podobnego potencjometru obrotowego w płycie czołowej, albo poziomego potencjometru montażowego bezpośrednio na płytce (w tych samych otworach).

Przełączniki, silnik i zasilacz, łączy się z płytką za pośrednictwem końcówek lutowniczych. Gniazdka i wtyczki umożliwiają dogodne połączenia układu z silnikiem, wyłącznikiem i zasilaczem. W prototypie użyto różnych typów złączy aby uniknąć pomyłek. W razie potrzeby przycisk S2 do ręcznego sterowania można połączyć bezpośrednio równolegle z S1.



Rys. 4 Płytka drukowana i rozmieszczenie na niej elementów.

Na koniec należy wstawić do podstawek układy scalone, pamiętając o starannym uziemieniu swojego ciała (przez dotknięcie uziemionego obiektu) przed wyjęciem ich z opakowania. Należy upewnić się dokładnie, czy zostały właściwie ukierunkowane nacięciami w podstawkach, zgodnie z **rys. 4**.

Tranzystory mocy nie muszą być wyposażone w radiatory, chyba że sprawność zastosowanego silnika jest bardzo niska. W czasie prób należy często sprawdzać ich temperaturę. Na dotyk mogą być nieco gorące, ale nie mogą parzyć.

Sprawdzanie

Do sprawdzania układu najlepiej użyć stabilizowanego zasilacza 12V/100mA. Trzeba wtedy odłączyć silnik i zastąpić go woltomierzem cyfrowym (woltomierz analogowy źle znosi ciągłe odwracanie polaryzacji). Po ustawieniu VR1 i VR2 w środkowym położeniu można włączyć układ. Woltomierz powinien wskazać na końcówkach silnika napięcie dodatnie lub ujemne. Po uruchomieniu mikrowyłącznika napięcie powinno spaść do zera, a po czasie nastawionym przez VR1 pojawić się w odwrotnej polaryzacji. Ponowne uruchomienie mikrowyłącznika powinno po tym samym opóźnieniu odwrócić napięcie z powrotem.

Jeżeli VR1 jest ustawiony w pozycji zerowej, tylko bardzo krótkie zwarcie mikrowyłącznika może wywołać odwrócenie polaryzacji napięcia. Jeżeli czas zwarcia S1 nie jest dostatecznie krótki, to odwrócenie napięcia nie nastąpi.

Za pomocą VR2 powinno dać się regulować napięcie wyjściowe od 0V do prawie 12V.

Teraz można przyłączyć silnik, używając zasilacza 12V o wydajności wystarczającej do jego napędzania i sprawdzić, czy układ zachowuje się poprawnie. Również i teraz krótki czas nastawiony za pomocą VR1 wymaga bardzo krótkiego

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R3, R4, R7: 100kW
R2, R10: 1kW
R5, R6, R8, R9: 10kW
R11, R12: 470W
R13: 560W
VR1: 470kW, obrotowy potencjometr liniowy
VR2: 47kW, potencjometr liniowy (zob. tekst)

Kondensatory

C1, C3, C6, C8: 100nF, dyskowy ceramiczny
C2: 100µF/16V, stojący
C4, C5: 22µF/16V, stojący
C7: 1000µF/16V, stojący

Półprzewodniki

D1...D3: 1N4148, sygnałowa
D4...D7: 1N4001, prostownicza
D8: dwukolorowa LED z oprawką
TR1: TIP121 lub TIP122, tranzystor Darlingtona npn
TR2, TR3: BC184L, npn
TR4, TR6: TIP41A, npn
TR5, TR7: TIP42A, pnp
IC1: 4001B, poczwórna 2-wejściowa bramka NOR
IC2: 4081B, poczwórna 2-wejściowa bramka AND

Różne

S1: jednoobwodowy mikroprzełącznik czynny
S2: jednoobwodowy przycisk czynny, o profilu kwadratowym
SK1, PL1: gniazdko z wtykiem 2,5mm
SK2, PL2: gniazdko z wtykiem 3,5mm
SK3: gniazdko wejściowe zasilania
płytka drukowana kod 972
obudowa plastykowa 127mm x 63mm x 44mm
silnik z przekładnią (zob. tekst)
3 podstawki samoprzylepne do płytki drukowanej

zwarcia S1 do wywołania zmiany kierunku obrotów.

Odnajdywanie błędów

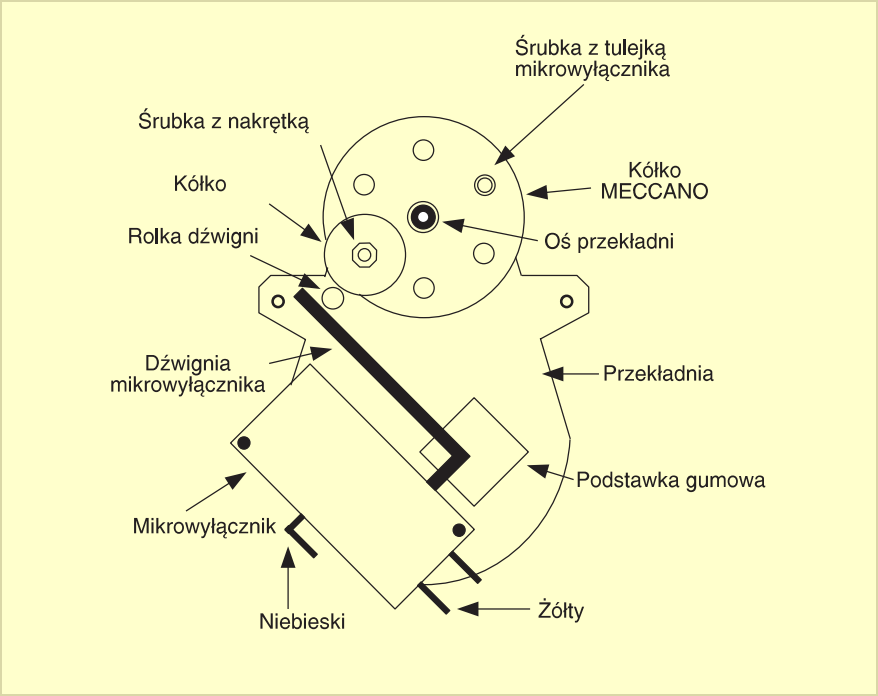
Podstawowe zasady odnajdywania błędów zostały opisane w części 1 "Klocków Elektronicznych". Po zakończeniu zalecanego przeglądu wizualnego płytki należy w opisany sposób użyć woltomierza. Doskonałymi punktami sprawdzania są:

wejście 1 IC1a
wyjście 3 IC1a
wyjście 10 IC1c
wyjście 11 IC1d

Detekcja impulsu za C3 będzie bardzo trudna. Jeżeli przerzutnik monostabilny działa poprawnie, ale silnik nie odwraca kierunku obrotów, to można spróbować na moment połączyć drutem wspólny punkt C3 i R3 z napięciem zasilającym. Jeżeli przerzutnik i bramki AND działają właściwie, powinno to spowodować odwrócenie kierunku obrotów silnika.

Jeżeli silnik nie obraca się w ogóle, należy sprawdzić napięcia wyjść buforów (10 i 11 IC2). Jedno z nich powinno być dodatnie. Jeżeli oba są dodatnie, to na obu doprowadzeniach silnika jest 0V i nie może on działać.

Jeżeli wszystko jest w porządku, to trzeba sprawdzić napięcia baz TR2 i TR3. Jedno powinno być bliskie 0V, a drugie dodatnie. W razie wątpliwości należy spróbować połączyć rezystorem 1kW jedną z tych baz z napięciem zasilania, co powinno uruchomić silnik. Jeśli nie, to trzeba sprawdzić napięcie emitera TR1, który dostarcza napięcia zasilającego moduł końcowy, i powinien dać się regulować za pomocą VR2.



Rys. 5 Sposób włączania mikrowyłącznika przez przekładnię w prototypie.

Obudowa

Płytka drukowana i regulatory mieszczą się w niewielkiej obudowie z plastyku. Posługując się fotografiami trzeba zacząć od wiercenia dwóch otworów na potencjometry (albo jednego, jeżeli VR2 jest na płytce), oraz głównego wyłącznika S3, a w razie potrzeby i innych wyłączników do ręcznego sterowania. Z boku należy wywiercić otwory na złącza zasilania, silnika i mikrowyłącznika.

Płytkę montuje się do pokrywy obudowy za pomocą niewielkich podstawek samoprzylepnych.

Silnik i przekładnia

Odpowiedni silnik z przekładnią powinien w czasie działania być niemal niesłyszalny i nadawać się do nieprzerwanej pracy przez bardzo długie okresy.

Wałek przekładni RS został wyposażony w standardowe kółko Meccano, służące do włączania mikroprzełącznika, jak pokazano na **rys. 5**. Trzeba jednak pamiętać, że kółko to może nie pasować do innych przekładni.

Istotne jest, aby mikroprzełącznik nie pozostawał zbyt długo zwarty, może to bowiem zaburzyć działanie przerzutnika monostabilnego. Innymi słowy, czas przerzutu przerzutnika monostabilnego musi być zawsze dłuższy od czasu zwarcia styków mikrowyłącznika.

Kamery

Kamery nadzorujące są obecnie do nabycia we wszelkich kształtach i rozmiarach. Niektóre mieszczą się w standardowych obudowach, które z kolei można umocować do wałka przekładni. Można także nabyć komputerowe kamery wideo.

Część czwarta

Projektem konstrukcyjnym, który zostanie dołączony do części 4 "Klocków Elektronicznych", będą elektroniczne kości do gry o zmiennej szybkości.

Max Horsey
projekt płytki drukowanej - Alex Simm

W redakcyjnej poczcie otrzymujemy coraz więcej tekstów kierowanych do nas w celu opublikowania na łamach EdW. To znak, że przyszła już pora na powołanie do życia stałej rubryki, poświęconej publikacjom naszych Czytelników. Tę nową rubrykę nazwaliśmy „Forum Czytelników", gdyż naszą nadrzędną intencją jest spożytkowanie tych publikacji w celach edukacyjnych poprzez zaproszenie Czytelników do swobodnej wymiany myśli. Reguły działania „Forum Czytelników" są następujące:

- publikujemy wyłącznie projekty układów opracowane samodzielnie i nigdzie dotychczas nie publikowane;

- poza tekstem i rysunkami pożądane jest przysłanie działającego modelu (nie jest to jednak warunek konieczny);

- publikacja projektu nie oznacza jego pozytywnej oceny przez redakcję EdW lecz stanowi punkt wyjścia do publicznej dyskusji nad proponowanym rozwiązaniem. Etap dyskusji, nazwany „Dogrywką", trwa 2 miesiące. W czasie „Dogrywki" oczekujemy nie tylko listów z uwagami krytycznymi, ale przede wszystkim propozycji innych, lepszych rozwiązań (wystarczy schemat elektryczny z opisem działania układu);

*- nagroda za opublikowany projekt wynosi k*100 zł, przy czym k jest liczbą stron danego artykułu w EdW. Nagroda nie jest przyznawana, jeżeli „Dogrywka" wykaże, że opublikowany projekt stanowi plagiat. Jeżeli w „Dogrywce" zostaną zaproponowane lepsze rozwiązania wówczas część nagrody (w proporcji uznanej przez Redakcję EdW) jest przeznaczana dla autorów lepszych rozwiązań.*

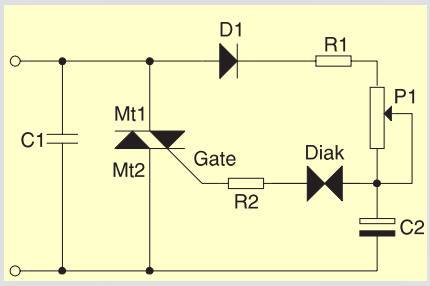
Takie są podstawowe zasady działania „Forum Czytelników". Chętnie będziemy prezentować sylwetki autorów. Prosimy więc o załączenie do przysyłanych projektów fotografii paszportowej i ok. 5 zdań życiorysu. Znając już wielką aktywność Czytelników EdW mamy silne przekonanie, że „Forum Czytelników" będzie dobrym i bardzo ciekawym działem naszego pisma. Zaczynamy!

Na początek wybraliśmy dwa projekty - w tym jeden aż z dalekich Włoch.

Szopka w Mediolanie

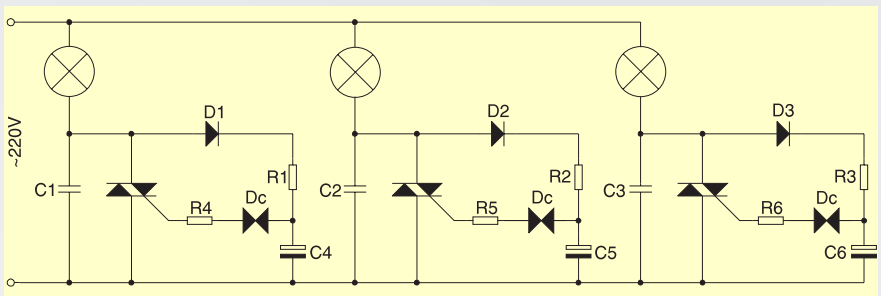
Przed świętami w jednej z Bazylik Mediolanu przygotowano szopkę i zaszła konieczność oświetlenia kominka. Sama żarówka nie dawała żądanego efektu, konieczność jest jednak matką pomysłów, po dwóch godzinach układ imitujący żywy ogień był gotowy (**rys. 1**). Ponieważ ten efekt świetlny u nas zrobił karierę, wysyłam Wam jego schemat, jeżeli go opublikujecie sprawicie mi przyjemność, jeżeli nie - nikt się nie obrazi.

Jako podstawy użyłem prostego schematu dyskotekowej lampy migającej, w którym znajduje się tylko 8 elementów, nie są one krytyczne, jednakże muszą odpowiadać kilku warunkom (**rys. 2**). Triak jako element pracujący połączony w szereg z żarówką musi oczywiście wytrzymać przewidziane natężenie. Powinien on także mieć jak najniższą wartość napięcia i natężenia, przewidziane dla Gate - czyli jak największą "czułość". Nie podaję symbolu ani triaku, ani diaku, gdyż po prostu nie wiem jakich się w Polsce używa.



Rys. 1.

Po podłączeniu napięcia sinusoida dodatnia sieci poprzez D1-R1-P1 ładuje elektrolit C2. Zaledwie napięcie na C2 przekroczy napięcie załączenia diaku, triak zaczyna przewodzić załączając żarówkę - równocześnie poprzez diak-R2-gate elektrolit rozładowując się obniża napięcie, gasząc ją. Następuje powtórzenie całego cyklu, częstotliwość (błyski) można regulować P1 od około 1 błysku co 10 sekund do około 20Hz. Wartość R2 zależy od "czułości" triaku, C1 spełnia funkcję filtru.



Rys. 2.

Myślę, że podstawową zasadą tego układu jest to, że błysk uzyskuje się z opóźnieniem (czas pierwszego ładowania C2).

Trzy podobne układy ułożone w odpowiedni sposób (pokazany na dołączonym rysunku 3) i z inną częstotliwością migania powodują złudzenie przechodzenia światła w sposób przypadkowy z jednej strony na drugą. Ażeby móc użyć kondensatorów o niższym napięciu (tych tańszych) zwiększyłem wartość R1 rezygnując z potencjometrów. Żółte 10W żarówki pokryte pomarańczową uformowaną w kształcie płomienia bibułą robią resztę - efekt jest zadawalający. Myślę, że nie trzeba dodawać, że mając do czynienia z układami bezpośrednio połączonymi z siecią, należy zachować szczególną ostrożność.

Mauro Frassinelli, Milano

Skala LED - SLED

W artykule tym przedstawię skalę LED - SLED do roweru (jako wskaźnik napięcia lub prędkości), do zastosowania w sprzęcie audio (jako wskaźnik wysterowania lub mocy) i do wielu innych zastosowań. SLED składa się z 12 tranzystorów, 25 rezystorów, 13 diod LED, 11 diod. Ogromną zaletą zastosowania tranzystorów w tym układzie jest możliwość dowolnego zwiększania lub zmniejszania (w zależności od potrzeb) ilości diod LED - można równie dobrze zastosować ich 5 jak i 50!!! 12 diod przyjęto jako najlepsze rozwiązanie, o czym dalej.

A oto opis działania układu, którego schemat przedstawiony jest na **rys. 1**. Jeśli napięcie wejściowe (z prądnicy, wzmacniacza, etc.) jest niższe od 0,7V, wtedy wszystkie tranzsystory są zatkane, prąd nie płynie i żadna dioda LED nie świeci. Kiedy przyłożone napięcie będzie wyższe od 0,7V tranzystor T1 zaczyna przewodzić i dioda LED D2 (pierwsza) w obwodzie kolektora zaczyna świecić. Dalsze zwiększanie napięcia wejściowego o dalsze 0,7V, tzn. do wartości 1,4V powoduje świecenie drugiej diody LED D4, przy napięciu 2,1V świeci trzecia dioda itd. Napięcie powyżej ok. 8,4V powoduje świecenie wszystkich dwunastu diod elektroluminescencyjnych.

Napięcie dostarczane z prądnicy wynosi maksymalnie ok. 8,2...9,1V, a więc jest idealne do sterowania skalą złożoną z 12 diod świecących. Za pomocą tej skali można cały czas śledzić napięcie dostarczone z dynama, a co za tym idzie i prędkość jazdy. Oprócz zastosowania praktycznego, tzn. jak wspomniano, wskazywania napięcia i prędkości, SLED jest także bardzo efektywnym urządzeniem do zestawu audio, co niewątpliwie podnosi walory użytkowania tych urządzeń, nie mówiąc o jeździe wieczorem z włączoną skalą LED, która daje prawdziwą przyjemność i niezapomniane wrażenia wizualne. Sprawdzono! - urządzenie zamontowane przy rowerze autora, było tak oblegane przez ciekawskich i chcących się "przejechać" (nie tylko nastolatków), że autor musiał wykonać jeszcze kilka takich urządzeń.

Urządzenie to można "odchudzić" poprzez połączenie dwóch diod BAVP17... zamiast jednej (w tym wypadku będzie 6 diod LED) lub czterech diod BAVP17... zamiast jednej (teraz będą świeciły 3 diody LED). Najlepiej jest zastosować po cztery diody świecące prostokątne 2x5mm o kolorach: żółte, zielone, czerwone. Diody żółte wskazują, że napięcie jest niższe niż powinno być (a co za tym idzie, i świecenie żarówek i ewentualnych innych urządzeń, o ile takie są przy rowerze), diody zielone informują, że napięcie jest zbliżone do 6V, czyli do poziomu normalnego, diody czerwone zaś, że zostało przekroczone napięcie 6V, co może uszkodzić urządzenie zasilane z prądnicy - dynama (żarówki i inne), to samo dotyczy prędkości - każdą diodę można sprawdzić przy jakiej prędkości świeci i wyskalować SLED. Dioda LED D24 i rezystor R25 służą do sygnalizowania, że zasilanie jest włączone i skala powinna działać. Właśnie ze względu na diodę LED D24 a dokładnie: ze względu na pobierany przez nią prąd, rzędu ok. 20mA, warto zastosować wyłącznik zasilania, co znacznie zwiększy żywotność baterii (na schemacie nie zaznaczono).

Na **rys. 4** przedstawiono rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej, a na **rysunkach 2** i **3** - schematy płytek drukowanych dla montażu stojącego (pionowego) i leżącego (poziomego). W przypadku SLED do wzmacniacza (czy innego urządzenia audio o mocy wyjściowej minimum ok. 5W) wszystko jest tak samo, z tą tylko różnicą, że można dowolnie zwiększyć ilość diod a liczba ich jest uzależniona tylko od mocy wzmacniacza, do którego jest podłączona.

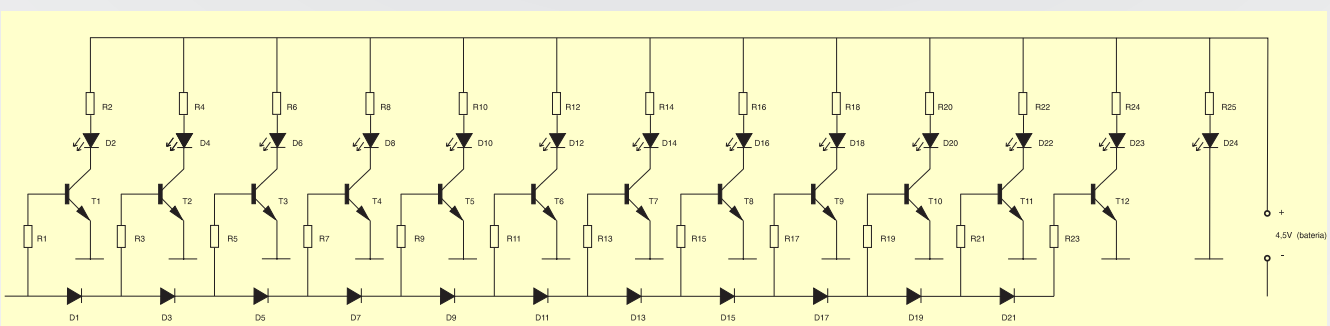
Ale uwaga! Przy większych mocach wzmacniacza trzeba na wejściu We dodać potencjometr o rezystancji 10k lub 100k (w zależności od mocy) i wyregulować tak, aby wszystkie diody świeciły się przy pełnej mocy wzmacniacza (chyba, że chcemy inaczej).

I jeszcze kilka uwag. Po pierwsze: nie należy dawać do wszystkich diod elektroluminescencyjnych takich samych rezystorów (o takich samych rezystancjach), ponieważ diody żółte, a tym bardziej zielone mają wyższe napięcie zaświecenia się i gdybyśmy do wszystkich diod dali takie same rezystory efekt byłby o wiele gorszy, ponieważ diody żółte i zielone świeciłyby ciemniej od czerwonych nie dając pełnego efektu, a nieraz nawet (w przypadku diod o małej jasności świecenia) całkowicie ten efekt zepsuć. Warto więc poszukać najlepszych diod i poeksperymentować z nimi aż do uzyskania najlepszego efektu.

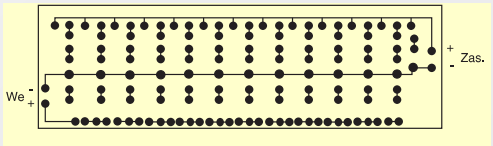
Po drugie: zastosowane były tranzystory C1815, ale można zastosować inne tranzystory o podobnych parametrach i wyprowadzeniach (kilka takich tranzystorów przedstawiono na **rys. 5**), to samo dotyczy diod - mogą być dowolne - np. 1N4001, 1N4004, 1N4148, BAVP17...BAVP21, itd.

Uwaga! Jeśli chcemy aby rozdzielczość skali była nie co 0,7V lecz co ok. 0,6V można to zrobić stosując zamiast diod krzemowych - diody germanowe np. AAP152-153, DOG 52-60 czy dowolne inne diody będące "pod ręką".

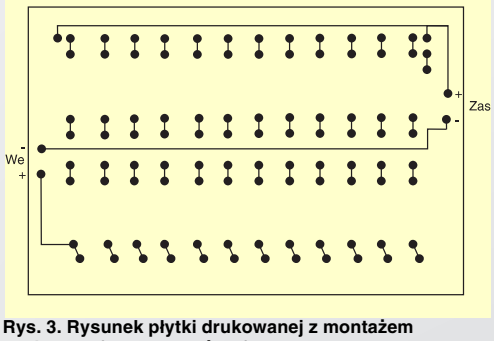
Następna uwaga: płytka na **rys. 3**. jest zaprojektowana do montażu poziomego, tzn. elementy są montowane leżąco - w tym wypadku płytka jest duża, ale za to "cienka" (tranzystory należy montować najniżej, na najkrótszych wyprowadzeniach nie grożących uszkodzeniem tranzystora przy lutowaniu czyli ok. 2-3mm nad płytką przy lutowaniu lutownicą 40W ok. 5-7s. Można zastosować jakąś obudowę o niewielkiej "grubości" (np. jak w urządzeniu modelowym - pudełko kasety magnetofonowej, w której wycięto otwory na włączniku i diody oraz z tyłu urządzenia na przewody, całość



Rys. 1. Schemat SLED.



Rys. 2. Rysunek płytki drukowanej do montażu pionowego (elementy stojące).



Rys. 3. Rysunek płytki drukowanej z montażem poziomym (elementy leżące).

wyklejono folią aluminiową ("pazłotko") co dało dodatkowy odblask i dawało wrażenie zastosowania większej ilości diod. Na **rys. 2** przedstwiono płytkę do montażu pionowego (stojąco) elementów co znacznie zmniejszyło wymiary płytki, lecz znacznie ją "pogrubiło" (ok. dwukrotnie). W niektórych przypadkach najlepsze będzie rozwiązanie pierwsze - w niektórych zaś drugie, w zależności od miejsca zastosowania tego urządzenia.

Teraz o zasilaniu. Rezystory są wyliczone na zasilanie napięciem 4,5V (z baterii płaskiej 4,5V-3R12) lecz wyliczając samemu rezystancję można zmienić rezystory na inne napięcie, np. 6V (4x1,5VR6) czy 9V (bateria 6F22 lub 6F25) czy jeszcze inne. I jeszcze kilka porad praktycznych. Utworzona z diod linijka łatwo się "rozsypuje", tzn. diody przechylają się, wyginają itd. co psuje efekt i utrudnia pracę przy montowaniu, warto więc skleić je klejem (np. Super Glue lub inny). Wszystkie przewody wyprowadzone na zewnątrz powinny być solidną linką, a nie pojedynczym przewodem, gdyż taki może bardzo szybko się ułamać i jest o wiele bardziej delikatny niż linki bardziej odporne na uszkodzenia mechaniczne.

Tym, którzy sądzą, że urządzenie takie pobiera dużo prądu z dynama i baterii przedstawiam dane SLED; pobór prądu do sterowania (z dynama, wzmacniacza, itp.) - max. 10mA, z baterii (do zasilania diod) - max 200mA (przy wszystkich dwunastu diodach świecących). Ponieważ rzadko wszystkie diody będą się świeciły jak widać pobór prądu z baterii jest niewielki, a z dynama wręcz całkiem znikomy i pomijalny. Warto dodać, że w urządzeniu modelowym, pomimo dość intensywnego eksploatowania układu, bateria 4,5V starczyła na 5-mcy pracy (zastosowano wyłącznik zasilania).

I jeszcze o uruchomieniu układu. Jest ono bardzo proste. Montujemy pierwszy człon, tzn. R1, R2, D1, D2, T1 i podłączamy zasilanie (+ do + baterii, - do - baterii 4,5V). Dioda LED nie powinna świecić. Teraz łączymy wejścia do baterii (masa wejścia do - baterii a przewód "gorący" do + baterii) - dioda powinna się zaświecić. Jeżeli tak nie jest, należy sprawdzić poprawność połączeń - szczególną uwagę należy zwrócić na polaryzację diod LED (patrz **rysunek 6**) oraz tranzystorów (**rysunek 5**). Warto także przed montażem sprawdzić wszystkie elementy aby uniknąć przykrych niespodzianek. Jeśli pierwsza dioda świeci, montujemy człon drugi i postępujemy tak samo jak z pierwszym.

Przy 6 lub 7 członie dioda nie zaświeci się ze względu na zbyt niskie napięcie sterujące z baterii. W tym wypadku postępujemy następująco: zostwiamy zsilanie diod tak jak było czyli z baterii 4,5V, a do wejścia doprowadzamy sygnał o napięciu 9V (bateria 9V, zasilacz, wzmacniacz...) - diody powinny świecić. Teraz można dokończyć uruchamianie reszty członów tak samo jak poprzednich. Co do diody D24 powinna się świecić cały czas po włączeniu zasilania. Przed montażem radzę dokładnie przeczytać i przeanalizować każdy punkt z powyższego artykułu, gdyż od tego zależy w znacznym stopniu zrozumienie zasady działania i co za tym idzie - poprawności montażu.

Jarosław Baran

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R3, R5, R7, R9, R11, R13, R15, R17, R19, R21, R23: 2,2kW (czerwony, czerwony, czerwony)

R2, R4, R6, R8: 240W (czerwony, żółty, brązowy)

R10, R12, R14, R16: 180W (brązowy, zielony, brązowy)

R18, R20, R22, R24: 280W (czerwony, zielony, brązowy)

R25: 240W

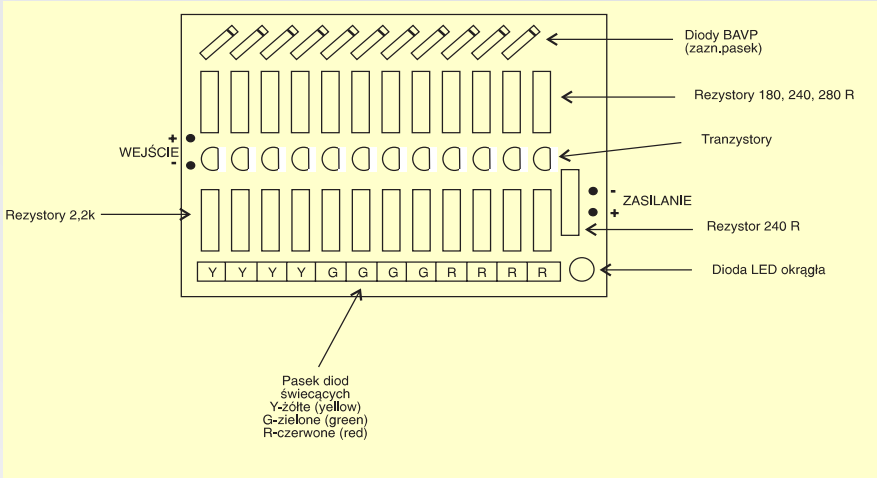
Półprzewodniki

D1, D3, D5, D9, D11, D13, D15, D17, D19, D21: bavp 17...21; 1N4148, 1N4448 lub inna krzemowa małej mocy

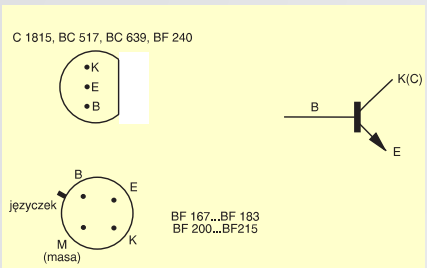
D2, D4, D6, D8: prostokątne diody LED - żółte

D10, D12, D14, D16: prostokątne diody LED - zielone

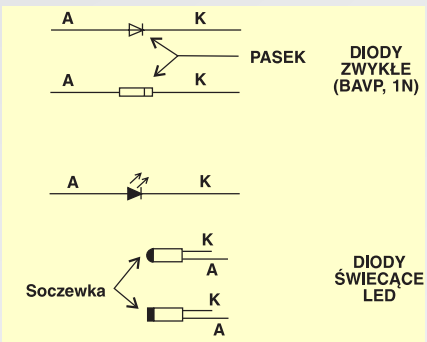
D18, D20, D22, D23: prostokątne diody LED- czerwone



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej z montażem poziomym (elementami leżącymi) - tak samo postępuje się z płytką z rys. 2 (elementy stojące).



Rys. 5. Wyprowadzenia tranzystorów nadających się do skali LED (z emiterem w środku) - przedstawiono kilka najpopularniejszych; oczywiście mogą być inne NPN z E w środku.

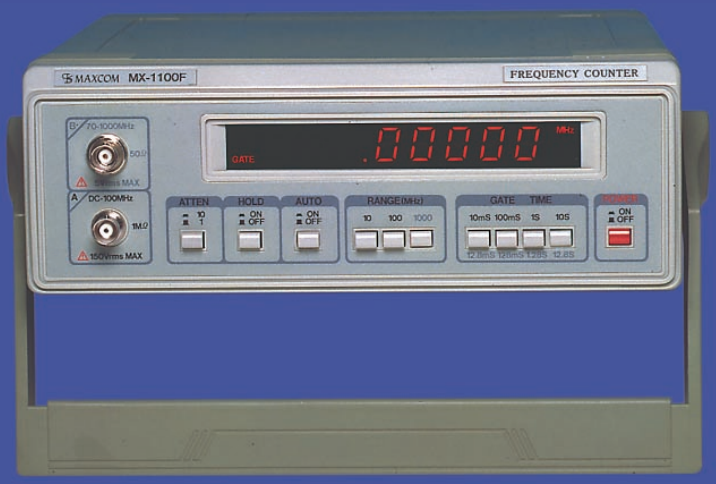


Rys. 6. Wyprowadzenia diod i diod elektroluminescencyjnych LED.

POZNAJEMY PRZYRZĄDY POMIAROWE

CZĘŚĆ 3

Mierniki częstotliwości



Fot. 1 Częstościomierz Maxcom MX-1100F

W poprzednim odcinku z tego cyklu omówiliśmy multimetry cyfrowe - przyrządy, których budowa jest dość prosta, stanowiące jednak podstawowe wyposażenie pracowni każdego elektronika, zarówno profesjonalisty jak i amatora. Obecnie chcielibyśmy przedstawić urządzenia nieco bardziej skomplikowane - częstościomierze cyfrowe.

Częstościomierze (ang. frequency counters) służą do pomiaru częstotliwości sygnałów o dowolnym kształcie, tj. przebiegów elektrycznych zarówno o kształcie sinusoidalnym, prostokątnym czy trójkątnym, jak i sygnałów piłokształtnych, w tym także pojedynczych impulsów. Jeszcze do niedawna powszechnie używane częstościomierze były urządzeniami stacjonarnymi. Upowszechnienie się układów scalonych oraz stały wzrost skali ich integracji (tj. liczby zmieszczonych w nich tranzystorów) doprowadziło do tego, że pomiar częstotliwości są w stanie wykonać nawet niedrogie multimetry cyfrowe. Maksymalna częstotliwość mierzona przez multimetry nie przekracza jednak zwykle 20 MHz. Typowe mierniki częstotliwości to nadal urządzenia stacjonarne. Potrafią one zmierzyć częstotliwość nawet powyżej 1 GHz. Zdarzają się są też częstościomierze przenośne w obudowie multimetru, w których pomiarem steruje mikroprocesor.

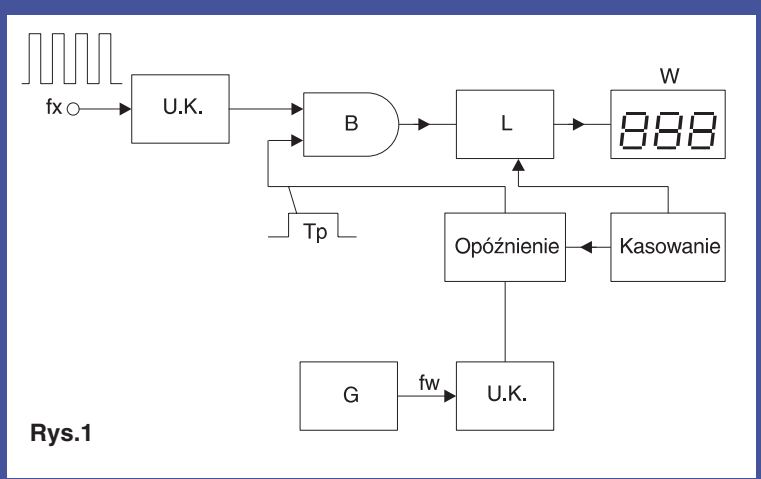
Podstawowym pomiarem wykonywanym przez częstościomierz jest pomiar częstotliwości sygnału doprowadzonego do jego wejścia. Okres sygnału jest równy odwrotności częstotliwości. Umieszczenie w układzie częstościomierza bloku realizującego prostą operację matematyczną - liczenie odwrotności - umożliwia wzbogacenie go o pomiar okresu sygnału. Rozbudowa częstościomierza polegająca na zastosowaniu w nim mikroprocesora pozwala uzyskać dużo więcej. Wystarczy wymienić takie funkcje jak: Data Hold, pomiar względny, liczenie wartości minimalnej, maksymalnej i średniej. Przy wykonywaniu wszystkich tych funkcji jest wykorzystywana pamięć przyrządu. Na przykład pomiar względny polega na zapamiętaniu wybranej wartości a następnie wyświetlanie stosunku wartości aktualnie zmierzonej do zapamiętanej.

Zmierzona wartość częstotliwości lub okresu sygnału jest przedstawiana na wyświetlaczu. Częstościomierze stacjonarne mają zwykle wyświetlacz zbudowany ze wskaźników siedmiosegmentowych typu LED. Dzięki temu wynik pomiaru jest widoczny także w ciemności. Częstościomierze przenośne, ze względu na potrzebę zminimalizowania poboru prądu baterii zasilającej, korzystają ze wskaźnika ciekłokrystalicznego, tj. typu LCD. Wyświetlacz typowego częstościomierza składa się z ośmiu wskaźników. Umożliwia to wyświetlenie częstotliwości np. 100 MHz z rozdzielczością 1 Hz.

Zasada działania częstościomierza zależy od wartości częstotliwości sygnału jaką ma on zmierzyć i polega ona w ogólności na zliczaniu doprowadzanych do jego wejścia impulsów przez pewien ściśle określony czas.

Pomiar dużych częstotliwości

Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy częstościomierza. Sygnał wejściowy o nieznanej częstotliwości fx po



Rys.1

uprzednim wzmocnieniu i ukształtowaniu w układzie UK jest doprowadzany do jednego z wejść bramki B. Do drugiego wejścia bramki B doprowadza się impulsy sterujące. Jeżeli jest to bramka typu AND, to "przepuści" ona sygnał wejściowy tylko wtedy gdy na jej wejściu, tzw. bramkującym będzie panował poziom wysoki, tzn. przez cały czas trwania impulsu sterującego Tp. Czas Tp jest czasem pomiaru. W czasie otwarcia bramki impulsy o częstotliwości fx są liczone przez licznik L, a wynik pomiaru jest przekazywany do układu sterującego wyświetlaczem W i wyświetlany.

Impulsy sterujące bramką B wytwarza generator. Stałość częstotliwości tych impulsów ma niebagatelny wpływ na dokładność pomiaru częstościomierza. Dlatego też do stabilizacji częstotliwości generatora impulsów sterujących wykorzytuje się tzw. rezonatory kwarcowe.

Bardzo ważną rolę spełnia jeszcze innny układ częstościomierza, tj. układ kasowania (reset). Wytwarza on impulsy zerujące licznik, czyli wymuszające w nim, po zakończeniu pomiaru i wyświertleniu wyniku, stan 0. Impulsy te muszą być doprowadzane do licznika zanim zostanie wysterowana bramka B, tj. zanim zacznie się nowy pomiar. Potrzebne do tego celu opóźnienie realizuje specjalny układ opóźniający.

Dokładność pomiaru częstotliwości opisaną wyżej metodą zależy w głównym stopniu od dokładności ustawienia czasu pomiaru Tp. Czas ten przyjmuje się zwykle w granicach od 1 ms do 10 s. Jeżeli np. przy pomiarze częstotliwości 1000 Hz czas otwarcia bramki B będzie równy 1 s, to w czasie tym licznik zliczy 1000 impulsów. Jeżeli natomiast czas Tp będzie równy 1,1 s to na wyświetlaczu pokaże się wartość 1100. Błąd pomiaru wyniesie zatem 10%. Widać stąd jak ważne jest dla uzyskania dokładnego pomiaru, wytworzenie sygnału sterującego o dużej dokładnosci i stabilności w czasie.

Warto dodać jeszcze parę słów na temat układu formującego impulsy o częstotliwości mierzonej fx. Ma on za zadanie odpowiednie ukształtowanie lub przetworzenie sygnału mierzonego (np. sinusoidy) w ciąg impulsów o kształcie i amplitudzie wymaganej przez licznik L. Jeżeli poziom sygnału wejściowego jest za mały, to czułość licznika może okazać się nie wystarczająca do wykonania pomiaru. Zadaniem układu UK jest zatem wzmocnienie sygnału mierzonego do takiej wartości, przy której licznik wykona pomiar poprawnie. Z kolei sygnały o amplitudzie zbyt dużej, zakłócają pracę licznika do tego stopnia, że przestaje on poprawnie liczyć. Mówi się, że sygnały takie powodują przesterowanie układu licznika. Dlatego też w obwodach wejściowych częstościomierzy stosuje się tłumiki sygnału do nich doprowadzanego.

Cechą charakterystyczną wyżej opisanej metody pomiaru częstotliwości jest także zależność dokładności pomiaru od mierzonej częstotliwości fX oraz czasu pomiaru Tp. Dokładność ta jest wprost proporcjonalna do częstotliwości i czasu pomiaru, tzn. im większa jest częstotliwość mierzona i im dłuższy czas pomiaru tym dokładność jest większa.

Górna częstotliwość pomiaru zależy w tej metodzie od szybkości układu logicznego jakim jest licznik impulsów L,

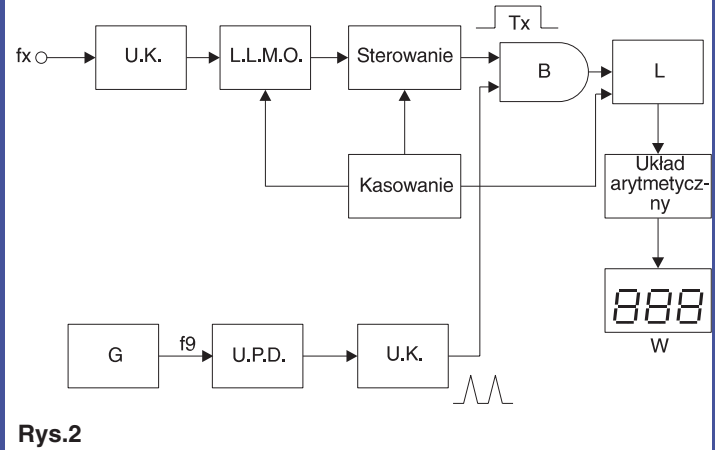
Fot.2 Częstościomierz Escort EFC-3303

czyli inaczej mówiąc od jego częstotliwości granicznej. Dlatego przy pomiarze częstotliwości wyższych od ok. 500 MHz stosuje się dodatkowe układy dzielące zarówno częstotliwość sygnału mierzonego jak i wytwarzanego przez generator impulsów wzorcowych. Szybkość działania tych układów nie zależy w takim stopniu od częstotliwości jak szybkość licznika. W ten sposób obniża się częstotliwości tych sygnałów do wartości, którą licznik jest w stanie zmierzyć.

Innym sposobem rozwiązania tego problemu jest zastosowanie układu typu heterodynowego. Działanie takiego układu polega na zmieszaniu sygnału o danej częstotliwości z sygnałem wytwarzanym przez generator, tzw. heterodynę. W wyniku tego procesu powstają sygnały o częstotliwości będącej m. in. różnicą częstotliwości sygnału wejściowego i sygnału heterodyny tj. fx - fh. Ostateczny wynik jest zatem taki sam jak w metodzie poprzedniej. Częstotliwość impulsów doprowadzonych do wejścia licznika jest odpowiednio zmniejszona.

Pomiar małych częstotliwości

Przy pomiarze małych częstotliwości dokładność pierwszej metody maleje. Czas potrzebny na zliczenie odpowiedniej liczby impulsów, wymaganej do wyświetlenia wy-



Rys.2

Fot.3 Częstościomierz CHY 8220R

niku z odpowiednią dokładnością, gwałtownie rośnie. Na przykład, pomiar i wyświetlenie wyniku pomiaru częstotliwości sygnału równej 10 Hz, z dokładnością 1 % trwa w tym częstościomierzu aż 100 sekund. Dlatego też przy pomiarze takich częstotliwości stosuje się inną metodę, nazywaną metodą pośrednią. Polega ona na pomiarze okresu Tx zamiast częstotliwości fx. Na rys 2 przedstawiono schemat blokowy takiego częstościomierza. Sygnał o częstotliwości fx jest doprowadzany z wejścia częstościomierza do układu kształtującego impulsy UF a następnie do licznika liczby mierzonych okresów n, a stąd za pośrednictwem układu sterującego bramką do jednego z wejść bramki B. Do drugiego wejścia bramki jest doprowadzany sygnał z generatora wzorcowego G. Sygnał ten jest w zależności od potrzeby powielany lub dzielony oraz kształtowany w układach UPD i odpowiednio UK. Licznik L zlicza impulsy nie o częstotliwości fx (jak w poprzedniej metodzie), lecz impulsy o częstotliwości fg, w czasie otwarcia bramki B. Czas w jakim jest otwarta bramka B jest równy wielokrotności liczby okresów, czyli n Tx. Jak widać, w metodzie tej wynik pomiaru jest równy iloczynowi liczby okresów n przez okres Tx i przez odwrotność okresu Tg. Zatem aby uzyskać częstotliwość fx należy policzyć odwrotność uzyskanego wyniku. Dokonuje się tego w układzie arytmetycznym UA znajdującym się między wyjściem licznika a wyświetlaczem W. Przy pomiarze częstotliwości np. 1 Hz, licznik liczy impulsy o częstotliwości np. 2 MHz, pochodzące z generatora wzorcowego G. W tym celu bramka B jest otwierana co 1 sekundę na czas 0,5 sekundy (n=1). W tym czasie licznik zlicza 1000000 impulsów. Układ arytmetyczny UA dołączony do wyjścia licznika liczy następnie odwrotność tej liczby i wynik obliczenia jako ostateczny wynik pomiaru częstotliwości fx sygnału, tj. liczbę 0,000001, przesyła do wyświetlacza W. Wyświetlacz pokazuje wartość 0,000001 MHz czyli 1 Hz.

Częstościomierze fabryczne, ich funkcje pomiarowe i parametry

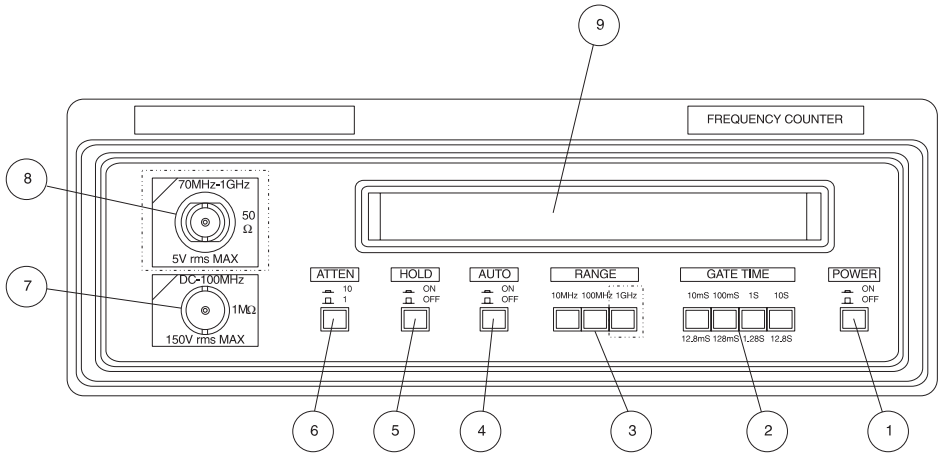
Na rys. 3 przedstawiono wygląd płyty czołowej typowego częstościomierza. Sygnał o częstotliwości mierzonej fx doprowadza się do jednego z dwóch wejść (kanałów) częstościomierza. Pierwszy kanał (7) służy do pomiaru częstotliwości sygnałów w zakresie od 0 do 100 MHz, a drugi kanał (8) do pomiaru częstotliwości sygnałów od 70 MHz do 1 GHz. Układy obu kanałów są zwykle oddzielone od siebie za pomocą ekranowania. Ma to na celu zlikwidowanie zjawiska interferencji będącego wynikiem oddziaływania układu jednego kanału na drugi.

Jeżeli sygnał mierzony ma zbyt dużą amplitudę (np. większą od 300 mV) należy włączyć tłumik (6) powodujący dziesięciokrotne osłabienie tego sygnału. Dopuszczalne, tj. maksymalne wartości doprowadzanych sygnałów (z uwzględnieniem tłumienia), są z reguły podawane na płycie czołowej w opisie gniazd.

Przełącznik Range (3) służy do zmiany zakresów pomiarowych. Obok znajduje się przełącznik Gate Time (2) wykorzystywany do ustawienia czasu otwarcia bramki (czasu bramkowania). Im dłuższy czas bramkowania, tym dłużej trzeba czekać na wyświetlenie wyniku pomiaru, lecz tym większa jest rozdzielczość tzn. tym dokładniejszy wynik. Na przykład na zakresie 100 MHz można uzyskać wynik pomiaru podany z dokładnością do 1 kHz przy ustawionym czasie bramkowania 10 ms. Na wynik pomiaru z dokładnością do 1 Hz trzeba już czekać 10s. Dla ułatwienia dobrania właściwego czasu bramkowania co z kolei pozwoli na uzyskanie wyniku z wymaganą rozdzielczością, służy specjalna tablica podawana w instrukcji obsługi częstościomierza.

Pomiar częstotliwości może też być wykonywany automatycznie. Po naciśnięciu przycisku Auto (4), miernik automatycznie wybiera zakres oraz czas bramkowania np. 100 MHz i 1s.

Wyświetlany wynik pomiaru można "zamrozić" na wyświetlaczu (9) przyciskając przycisk Hold (5). Wyświetlacz



Rys.3

częstościomierza stacjonarnego jest zbudowany z ośmiu wskaźników siedmiosegmentowych typu LED. Do włączenia częstościomierza służy przycisk (1).

Parametry charakteryzujące częstościomierze to (podawane osobno dla każdego kanału): zakres mierzonych częstotliwości, impedancja wejściowa, rozdzielczości, czasy bramkowania, dokładność oraz dane dotyczące tzw. podstawy czasu, czyli wewnętrznego generatora impulsów wzorcowych. Do podstawowych parametrów takiego generatora należy: częstotliwość, stabilność i stabilność długookresowa. Ta ostatnia oznacza dopuszczalną zmianę częstotliwości wzorcowej generatora jaka może dokonać się w ciągu roku eksploatacji częstościomierza i jest podawana w procentach. Stabilność ma zasadniczy wpływ na dokładność pomiaru czętościomierza.

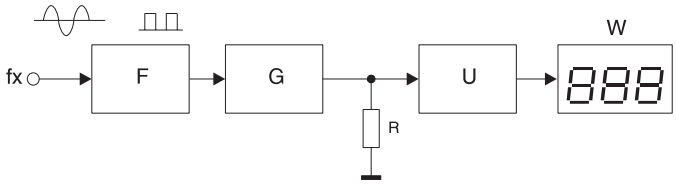
Warto jeszcze powiedzieć parę słów o różnicach między parametrami poszczególnych kanałów częstościomierza. Jak już wspomniano, zakresy częstotliwości obu kanałów są zwykle różne. Kanał A umożliwia np. pomiar częstotliwości sygnałów w zakresie od 1 Hz do 100 MHz, ze zmienną czułością. Impedancja tego kanału wynosi najczęściej 1 MW. Kanał B umożliwiający pomiar np. w zakresie od 70 MHz do 1 GHz charakteryzuje się impedancją wejściową 50W i stałą czułością np 5 V. Również rozdzielczości i czasy bramkowania dla obu kanałów są różne.

Bardziej skomplikowane częstościomierze mają jednak trzy niezależne kanały pomiarowe. Kanały A i B są identyczne. Dokonuje się w nich pomiaru w zakresie np. do 500 MHz metodą bramkowania pośredniego. Dodatkowy kanał C mierzy natomiast częstotliwość sygnałów powyżej 100 MHz metodą bramkowania bezpośredniego.

Te dwa identyczne kanały można wykorzystać np. do dokładnego policzenia odstępu czasowego. Metoda ta polega na policzeniu liczby impulsów w czasie wyznaczonym przez impulsy: "startu" doprowadzonego do kanału A oraz "stopu" doprowadzonego do kanału B, czyli przez bramkowanie realizowane z zewnątrz. Jeżeli częstotliwość generatora wzorcowego wynosi np. 1 MHz, a czas między momentem "startu" i "stopu" wynosi 1 s, to częstościomierz zliczy 106 impulsów, czyli wyświetli liczbę 1000000. Prawidłowy odczyt czasu będzie już tylko wymagał poprawnego ustawienia przecinka dziesiętnego.

Spotyka się też częstościomierze o trzech różnych kanałach. Na przykład w kanale A, najbardziej rozbudowanym, w którym jest też możliwy pomiar okresu, stosunku częstotliwości sygnałów doprowadzonych do kanału A i B, liczby obrotów, współczynnika wypełnienia impulsów, mierzy się częstotliwość w zakresie od 0,04 Hz do 110 MHz z poziomem mniejszym od 300 V. Z kolei drugi kanał, kanał B umożliwia pomiar w zakresie od 10 Hz do 2,5 MHz i to przy poziomie nie przekraczającym 5 V (czyli poziomie TTL). Ostatni trzeci kanał C służy do pomiaru wielkich częstotliwości tj. częstotliwości sygnałów z zakresu od 50 MHz do 1,3 MHz. Impedancja wejściowa takiego kanału jest równa 50W, a maksymalny poziom sygnału wynosi 3 V.

Jak już wspomniano, pomiar częstotliwości umożliwiają też popularne multimetry. Zasada pomiaru w tego typu przyrządach jest jednak zupełnie inna i polega nie na zliczaniu liczby impulsów lecz pomiarze napięcia. Na rys. 4 przedstawiono sposób pomiaru częstotliwości za pomocą multimetru. Sygnał mierzony o częstotliwości fX, doprowadzony do wejścia przyrządu, jest najpierw wzmacniany we wzmacniaczu W i formowany w układzie F. Na przykład sygnał sinusoidalny jest zamieniany na sygnał prostokątny. Z kolei generator G wytwarza jeden impuls o stałym czasie trwania i stałej amplitudzie. Generator taki nazywa się także generatorem monostabilnym. Impulsy z wyjścia układu formującego F służą do wyzwolenia generatora G, tzn. każdy kolejny impuls z wyjścia układu formującego, doprowadzony na wejście wyzwalające generatora, powoduje wytworzenie jednego impulsu przez generator. Na wyjściu generatora jest umieszczony rezystor R. W trakcie pomiaru przez rezystor ten płynie prąd impulsowy. Średnie napięcie powstające na rezystorze mierzy dołączony do wyjścia generatora woltomierz V. Im większa jest częstotliwość mierzonego sygnału fX, tym większa liczba impulsów przepływa w danym czasie przez rezystor R, tzn. zmniejsza się odstęp między kolejnymi impulsami, rośnie tzw. współczynnik wypełnienia, rośnie zatem średni prąd. Rośnie też napięcie wskazywane przez woltomierz. Oznacza to, że napięcie wejściowe woltomierza jest wprost proporcjonalne do częstotliwości fX. Jeżeli przyjmiemy teraz, że napięcie o wartości np. 1 mV odpowiada częstotliwości 1 Hz, to napięcie 1V będzie odpowiadało częstotliwości 1 kHz itd.



Rys.4

Na zakończenie jeszcze kilka słów na temat częstościomierzy przenośnych, mieszczących się w obudowie typowego multimetru. Obok funkcji typowych dla częstościomierzy stacjonarnych można spotkać w nich jeszcze inną użyteczną funkcję pomiarową. Polega ona na pomiarze częstotliwości nośnej sygnałów wytwarzanych przez nadajniki radiowe zarówno przenośne, stacjonarne jak i montowane w pojazdach. Jako czujnik do zbierania tych sygnałów służy antena teleskopowa dołączona do wejścia częstościomierza.

W następnym odcinku cyklu omawiającego elektroniczny sprzęt pomiarowy przedstawimy źródła sygnałów tj. generatory.

Leszek Halicki

ABC aparatu telefonicznego

Każdy wie, do czego służy aparat telefoniczny. Podziw budzą wyrafinowane projekty obudów a także możliwości i parametry nowoczesnych aparatów telefonicznych. Czy jednak dokładnie rozumiesz, drogi Czytelniku zasadę działania aparatu telefonicznego i specyfikę jego parametrów? W artykule postaram się przybliżyć Ci ważniejsze zagadnienia związane z tym tematem. Lektura artykułu wymagać będzie może trochę skupienia. Mam jednak nadzieję, że się przy tym nie zanudzisz. Jeśli zamierzasz kiedykolwiek zbudować jakiś układ "telefoniczny", materiał ten jest dla Ciebie wręcz niezbędny.

Podstawowe informacje techniczne znajdziesz w ramkach, zajrzysz do nich w dowolnej chwili, ja tymczasem chcę Cię zapytać, czy rozumiesz problem tak zwanego efektu lokalnego?

Nie bardzo? No to zaczynamy.

Gdyby układ pracy wyglądał jak na **rysunku 1a**, problem by nie istniał. Niestety, w telefonii mamy do dyspozycji tylko dwie żyły. W takiej sytuacji, w tej samej linii muszą występować sygnały transmitowane w obu kierunkach. Można sobie wyobrazić najprostszy układ pracy, taki jak pokazany schematycznie na **rysunku 1b**. Nie uwzględniono tu obwodów prądu stałego, ale nie zmienia to istoty rzeczy - teraz interesują nas tylko obwody napięcia zmiennego. Wydaje się, że wszystko jest w porządku: zmienne napięcia czy prądy powstające w mikrofonie abonenta A przepłyną przez słuchawkę abonenta B i na odwrót. Dlaczego jednak takie rozwiązanie jest zupełnie nieprzydatne?

Wystarczy zauważyć, że przez każdą słuchawkę płyną także prądy z własnego (lokalnego) mikrofonu. Na domiar złego sygnał w długiej linii telefonicznej ulega stłumieniu wskutek jej rezystancji i pojemności. Ostatecznie w słuchawce abonenta **głos jego rozmówcy jest kilku- czy nawet kilkunastokrotnie słabszy niż własny głos**. Uniemożliwia to sensowne korzystanie z takiego "telefonu", bowiem ucho nie zdoła się momentalnie dostosować do tak dużej różnicy głośności. Cichy głos rozmówcy wręcz ginie "przykryty" własnym, lokalnym. Jeszcze ostrzej problem ten wystąpiłby przy próbie skonstruowania na tej zasadzie aparatu głośnomówiącego..

Należy więc koniecznie znaleźć jakiś sposób, żeby wyeliminować lub przynajmniej zmniejszyć słyszalność w słuchawce własnego głosu, inaczej mówiąc wyeliminować efekt lokalny.

Wydzielenie sygnału rozmówcy przeprowadza się zwykle w układzie antylokalnym pracującym na zasadzie mostka. Poszczególne rozwiązania są różne, ale prosta podstawowa zasada jest zawsze ta sama. Spójrz na **rysunek 2a**. Mamy tu dwa dzielniki napięcia dostarczanego przez mikrofon: Z_R, R1 oraz Z_L, R2. Jeśli tylko stosunki Z_R/R1 oraz Z_L/R2 będą równe, to napięcia w punktach C i D będą jednakowe i przez słuchawkę nie będzie płynąć prąd. Sygnał z własnego mikrofonu nie będzie słyszany w słuchawce!

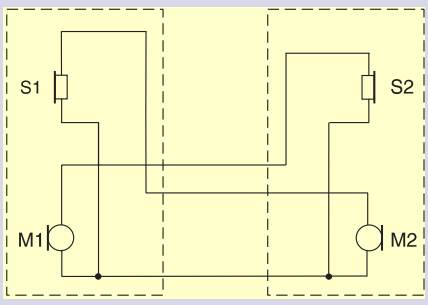
Warunkiem jest jednak utrzymanie równowagi mostka. Jeśli R1 = R2, to impedancja Z_R także powinna być równa Z_L. A co to jest Z_L? Popatrz na **rysunek 2b**.

czy wiesz, że...

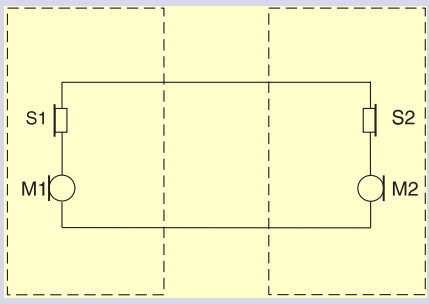
jeśli gdzieś telefonujesz, to w momencie zgłoszenia się wywoływanego abonenta zmienia się biegunowość napięcia stałego zasilającego twój aparat?

Jest to wykorzystywane w prostych automatach telefonicznych, które jak zauważyłeś inkasują monetę (żeton) dopiero po zrealizowaniu połączenia.

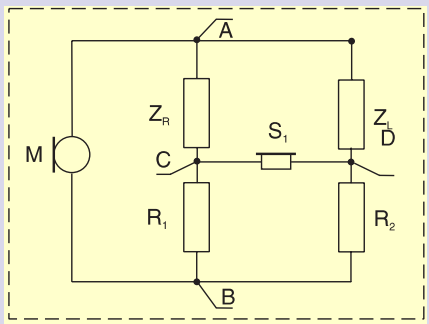
Przy połączeniu z numerami alarmowymi (policja, straż, itp.) biegunowość pętli nie zmienia się i możesz rozmawiać bezpłatnie.



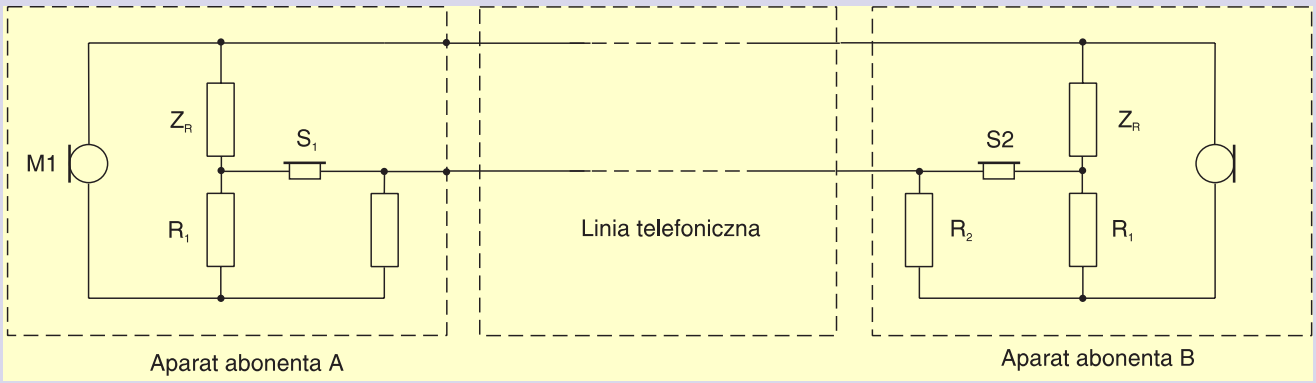
Rys. 1a. Połączenie trzyprzewodowe.



Rys. 1b. Połączenie dwuprzewodowe szeregowe.



Rys. 2a. Zasada działania układu antylokalnego.



Rys. 2b. Układ połączeń dwóch aparatów.

Dla abonenta A jest to wypadkowa oporność (mówiąc ściślej - impedancja) linii i aparatu abonenta B.

Jak wiadomo (patrz ramka z parametrami aparatu telefonicznego), każdy aparat powinien być tak skonstruowany, żeby jego **rezystancja dla przebiegów zmiennych widziana od strony linii wynosiła 600W**.

Z kolei linia telefoniczna w dobrym przybliżeniu może być przedstawiona jako złożenie bardzo wielu elementarnych rezystancji i pojemności, jak pokazano to na **rysunku 2c**.

I tu doszliśmy wreszcie do sedna sprawy!

Żeby całkowicie zlikwidować szkodliwy efekt lokalny należałoby zastosować równoważnik linii - Z_R o takich samych parametrach jak dołączona impedancja linii i aparatu rozmówcy Z_L.

I oto mamy dwa problemy.

Po pierwsze w tanim, masowo produkowanym aparacie nie można stosować rozbudowanego równoważnika linii zawierającego kilkadziesiąt rezystorów i kondensatorów.

Po drugie, co jeszcze gorsze, parametry linii wcale nie są jednakowe - zależą od jej długości, grubości żył, sposobu wykonania. W zależności od odległości od centrali, a w przypadku rozmów lokalnych, prawdopodobnie także od odległości od rozmówcy, zmieniać się będzie impedancja linii, a więc dla pełnego zlikwidowania efektu lokalnego impedancja równoważnika Z_R także musiałaby się zmieniać.

Z podanych dwóch względów przyjmuje się uproszczony układ równoważnika linii, naśladujący niezbyt zresztą dokładnie, jakieś średnie warunki. W ten sposób uzyskuje się tłumienie efektu lokalnego rzędu jedynie kilkunastu decybeli (kilka razy), co jednak w praktyce jest zadowalające.

A teraz uważaj! Są aparaty, które automatycznie dostosowują parametry swego układu antylokalnego do długości linii!

Objaśnię Ci to za chwilę. Wcześniej powinieneś się jednak zapoznać z obwodami stałoprądowymi i praktycznymi rozwiązaniami stosowanymi w nowoczesnych aparatach.

Dlaczego w linii telefonicznej występują stałe napięcia i prądy?

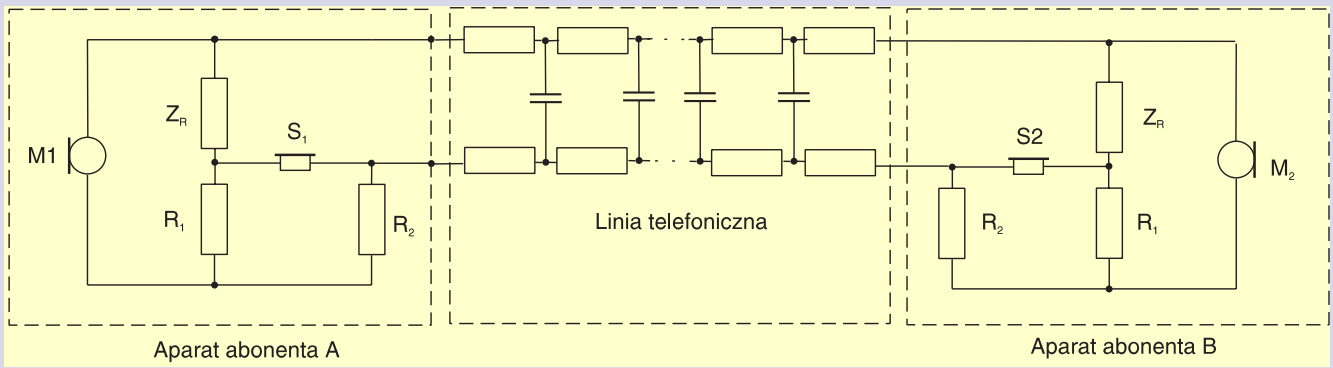
Wybieranie

Od lat jesteśmy przyzwyczajeni do wybierania impulsowego, polegającego na przerywaniu obwodu stałoprądowego z częstotliwością 10Hz. Ilość przerw odpowiada wybieranej liczbie (z wyjątkiem "0", któremu odpowiada dziesięć impulsów). W standardzie przyjętym w Polsce współczynnik impulsowania wynosi 2, czyli przerwa trwa ok. 66ms, a zwarcie ok. 33ms.

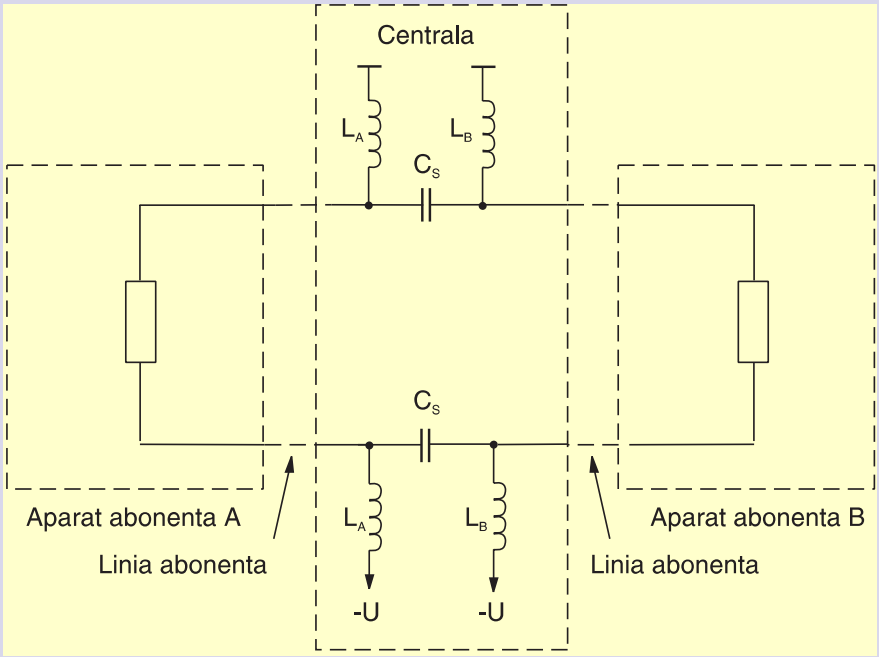
Dużo lepszym sposobem wybierania, dostępnym w nowych centralach, jest wybieranie tonowe, inaczej wielkoczęstotliwościowe znane jako DTMF (Double Tone Mode Frequency). Jest ono przede wszystkim kilkakrotnie szybsze od impulsowego. Ponadto, co bardzo istotne, pozwala przesyłać sygnały odpowiadające jednoznacznym kodom także po zrealizowaniu połączenia, co otwiera drogę do szeregu ciekawych zastosowań, takich jak choćby zdalne sterowanie czy przesyłanie prostych informacji drogą telefoniczną.

W systemie tym wybrano osiem częstotliwości i podzielono na dwie grupy: niższą i wyższą. Każdy sygnał składa się z dwóch tonów - jednego z grupy niższej, drugiego z wyższej. Można w ten sposób zakodować 16 różnych sygnałów. W typowym aparacie telefonicznym wykorzystuje się tylko 12 możliwości. Przyporządkowanie cyfrom i znakom częstotliwości pokazuje tabelka.

Częstotliwość, Hz	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D



Rys. 2c. Schemat zastępczy połączenia tlf dla prądu zmiennego.



Rys. 3. Schemat dołączenia aparatu tlf do centrali.

Ważniejsze sygnały tonowe stosowane w telefonii

Po podniesieniu słuchawki słyszymy znajomy sygnał zgłoszenia centrali - ton ciągły o częstotliwości 425±25Hz. Jeśli dzwonimy daleko, po wybraniu "zera" otrzymujemy sygnał zgłoszenia centrali międzymiastowej - mieszankę tonów 425Hz i 350Hz.

Po wybraniu numeru słyszymy zwrotny sygnał wywołania (425Hz emisja 1000ms, cisza 4000ms), a do wywoływanego abonenta wysyłany jest sygnał wywołania - przebieg sinusoidalny o napięciu skutecznym rzędu 60...90V i częstotliwości 25Hz nadawany w takiej samej sekwencji.

Gdy abonent jest nieosiągalny słyszymy sygnał zajętości (też 425Hz) w sekwencji: emisja 500ms, cisza 500ms.

Z centrali mogą być do nas wysyłane sygnały zaliczania o częstotliwości 16±0,2kHz o czasie trwania 125±25ms, odpowiadające impulsom rejestrowanym przez licznik opłat. Taka usługa dostępna jest jednak za dodatkową

Po pierwsze aparat telefoniczny musi być zasilany, zawiera bowiem jakieś wzmacniacze i inne układy elektroniczne, choćby klawiaturę. Nawet stare aparaty nie zawierające "elektroniki" musiały być zasilane prądem stałym ze względu na obecność mikrofonu węglowego, który też jest swego rodzaju wzmacniaczem.

Po drugie, abonent musi jakoś poinformować centralę o stanie swego aparatu. Na przykład, jeśli w linii pojawi się prąd stały o wartości co najmniej kilkunastu miliamperów, znaczy to, iż abonent albo chce gdzieś zatelefonować, albo podniósł słuchawkę po usłyszeniu sygnału wywołania - "mądra" centrala potrafi go obsłużyć. Nie będę ci tłumaczył po kolei stanów pracy aparatu, bo możesz to sprawdzić osobiście. Nie opowiem Ci także o działaniu centrali, bo to zupełnie inny temat. W jednej z ramek znajdziesz natomiast dokładniejszy opis sygnałów tonowych spotykanych w sieci telefonicznej.

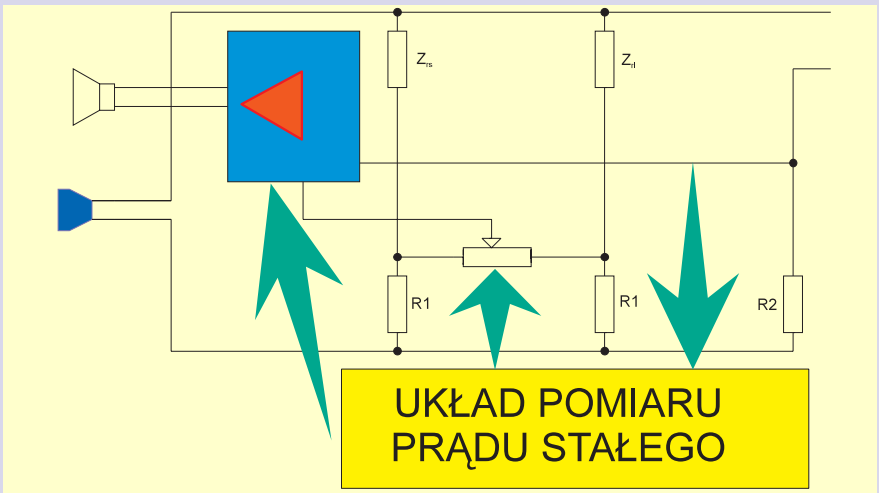
Przed chwilą podałem Ci, że dla prądów zmiennych o częstotliwościach telefonicznych aparat w stanie rozmowy powinien stanowić rezystancję 600W. A dla prądu stałego? Może się zdziwisz gdy powiem że nie może być większa niż 600W; zwykle jest znacznie mniejsza. Może być nawet rzędu 100W.

Popatrz na **rysunek 3**. Przedstawia on w dużym uproszczeniu sytuację podczas rozmowy dwóch lokalnych abonentów centrali przekaźnikowej.

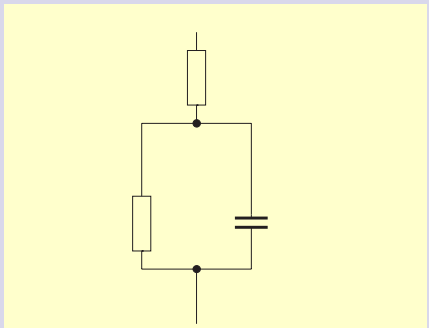
Aparat każdego abonenta jest zasilany przez dławiki (w praktyce oba dławiki są uzwojeniami tego samego przekaźnika). Jeśli tylko indukcyjność dławików jest odpowiednio duża (rzędu pojedynczych henrów), to i ich impedancja dla prądów zmiennych jest na tyle duża, że spokojnie możemy mówić, iż prądy zmienne przez nie nie płyną. Odwrotnie kondensatory sprzęgające Cs. Przy pojemności rzędu kilku mikrofaradów dla przebiegów zmiennych stanowią one zwarcie. W tej sytuacji, z punktu widzenia prądów zmiennych możemy narysować schemat zastępczy taki jak na **rysunku 2**.

Natomiast dla prądów stałych, z uwagi na kondensatory Cs, każdego abonenta należy rozpatrywać oddzielnie. Przez aparat telefoniczny w stanie rozmowy płynie prąd i występuje pewne napięcie. Wydziela się więc na nim dość znaczna moc, rzędu przynajmniej kilkuset miliwatów. Do sprawnego działania układów elektronicznych aparatu wystarczy jednak moc znacznie mniejsza. Pozostała "nadmiarowa moc" może być wykorzystana do zasilania dodatkowych układów bez potrzeby stosowania zasilacza sieciowego. Wyczerpujące omówienie tego zagadnienia wykracza jednak poza ramy niniejszego artykułu.

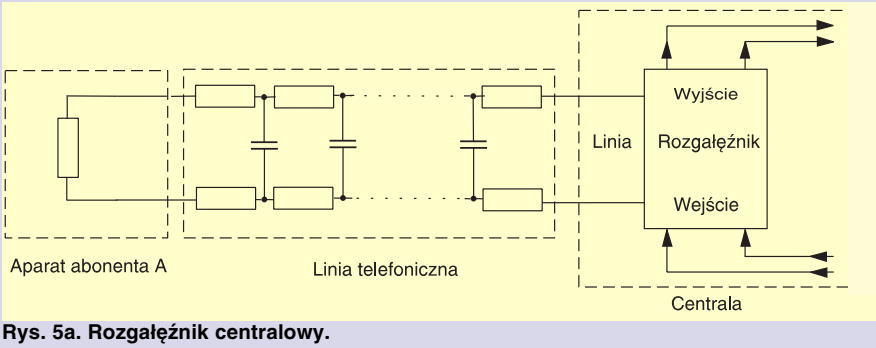
Zauważ także, iż rozpatrywaliśmy ten sam obwód raz z punktu widzenia prądu



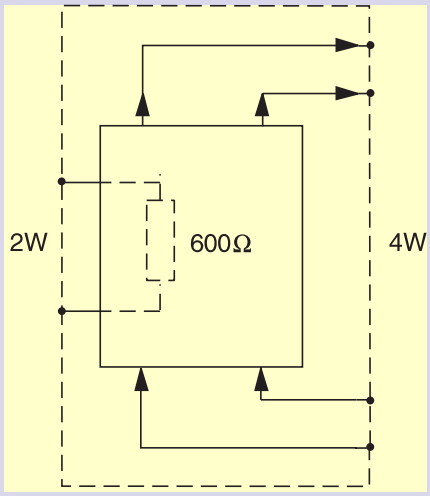
Rys. 4a. Aparat tlf z automatyką.



Rys. 4b. Uproszczony schemat zastępczy linii abonenckiej.



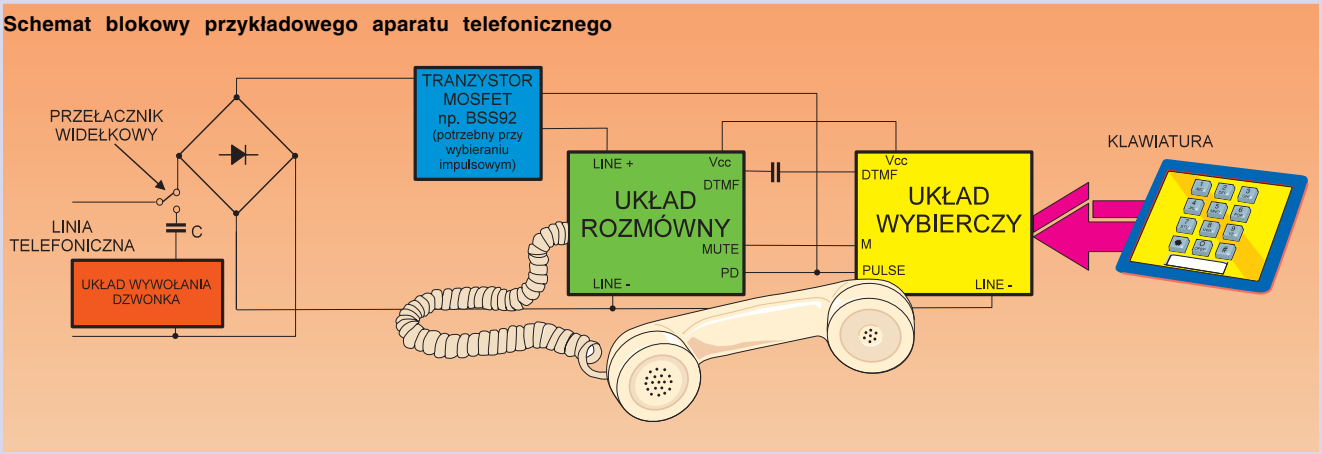
Rys. 5a. Rozgałęźnik centralowy.



Rys. 5b. Rozgałęźnik centralowy.

zmiennego, drugi raz - prądu stałego. Schematy zastępcze w obydwu przypadkach są zupełnie inne. Czy dokładnie rozumiesz dlaczego tak robimy? Tylko w ten sposób można prosto pokazać sedno sprawy. Gdybym próbował omówić z tobą zystancji lub inaczej spadku napięcia na aparacie. Niektóre z podanych wielkości są stałe, więc w sumie wartość prądu w linii będzie zależeć przede wszystkim od jej długości. Zależność tę wykorzystuje się w nowoczesnych aparatach do:

Schemat blokowy przykładowego aparatu telefonicznego



schemat ideowy jakiegoś współczesnego aparatu, prawdopodobnie obaj byśmy się pogubili w mnóstwie szczegółów. Dlatego w ramce podaję Ci tylko uproszczony blokowy schemat aparatu.

Wracamy teraz do głównego wątku.

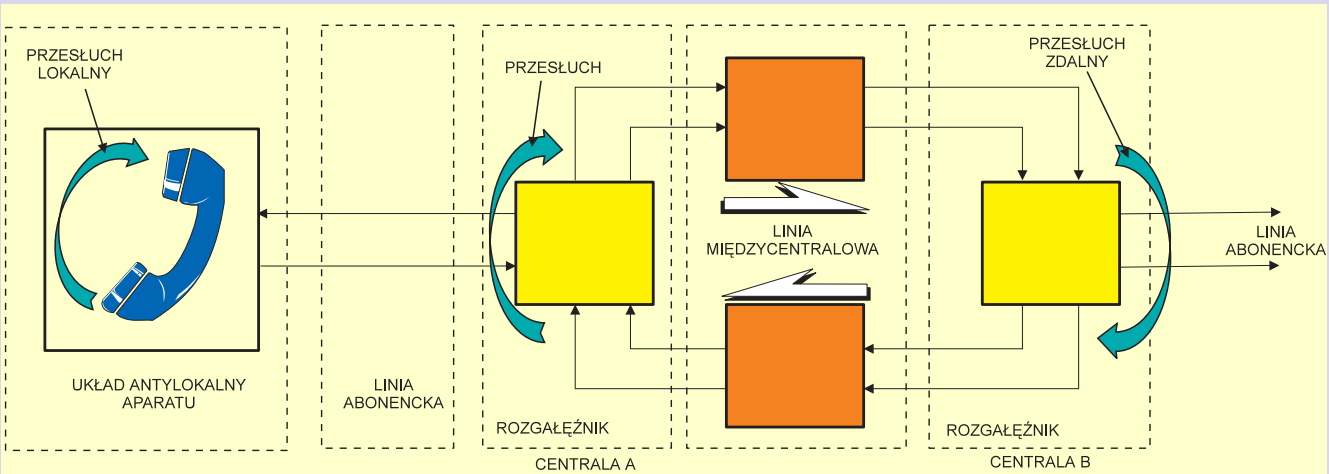
Jak wiadomo, prąd stały płynący w linii po podniesieniu mikrotelefonu zależy od napięcia zasilania U (typ 60V), rezystancji uzwojeń dławików (typ 2 x 500W), rezystancji linii (0W do około 1kW) oraz re-

(1) zmiany wzmocnienia toru odbiorczego, bowiem długa linia abonencka tłumi zauważalnie sygnały rozmówne, oraz

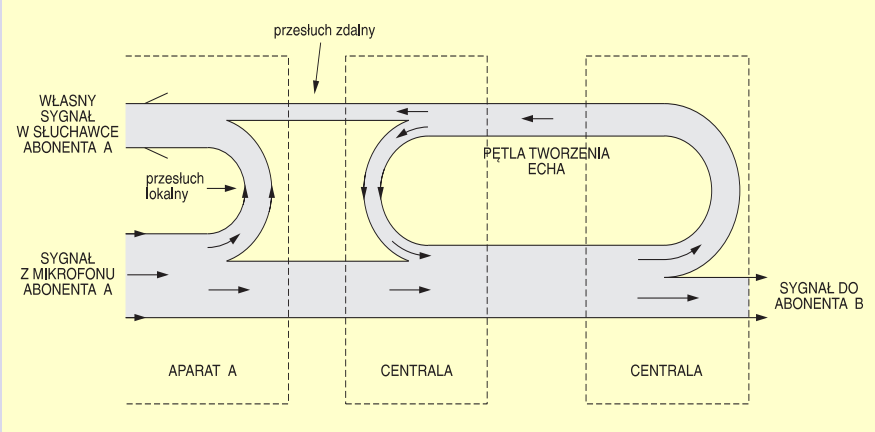
(2) dopasowania parametrów układu antylokalnego.

Nowoczesny aparat telefoniczny zawiera układ mierzący prąd zasilania. Układ ten wpływa na wzmocnienie toru odbiorczego oraz na układ antylokalny. Pokazano to w uproszczeniu na **rysunku 4**. W układzie występują teraz dwa równo-

ważniki linii: Z_{RS} (short - krótki) i Z_{RL} (long - długi). Z_{RS} to po prostu rezystor 600W, co odpowiada sytuacji gdy abonent mieszka tuż obok centrali, natomiast Z_{RL} równoważnik długiej, kilkukilometrowej linii abonenckiej to najczęściej dwójnik taki jak na **rysunku 4b**. Różne firmy podają odmienne wartości elementów takiego równoważnika, na przykład Siemens 220W + 820W||115nF, a Thomson 235W + 1345W||118nF. Takie różnice nie mają



Rys. 6a. Przesłuchy w torze telekomunikacyjnym.



Rys. 6b. Zasada tworzenia echa.

większego znaczenia, bowiem i tak mamy do czynienia z charakterystykami przybliżonymi.

Popatrz jeszcz raz na **rysunki 2**, **3** i **4** i zastanów się, czy opisany "inteligentny" układ antylokalny wbudowany w Twój aparat uwzględnia parametry linii tego rozmówcy? A jeśli dzwoniłbyś do abonenta innej centrali, to czy uwzględnione będą parametry linii międzycentralowej? Wyglądałoby na to, że nie! Miej jednak świadomość, że oglądane rysunki dotyczą najprostszej sytuacji, jaka występowała w centralach przed wielu, wielu laty. Dziś sprawa ma się nieco inaczej. Łącza międzycentralowe, a w nowoczesnych centralach nawet połączenia lokalne, realizowane są na zasadzie cyfrowej. Nie będę Ci mącił w głowie szczegółami, musisz tylko wiedzieć, że w centrali muszą być rozdzielone tory sygnałów przesyłanych w obu kierunkach. W literaturze spotkasz określenie 2W/4W (W - wire - drut, przewód) dotyczące przejścia z linii dwuprzewodowej (dwukierunkowej) na czteroprzewodową lub na odwrót. Teraz popatrz na **rysunek 5a**. Czym w rzeczywistości jest rozgałęźnik? Jego funkcja jest analogiczna do zadań układu antylokalnego w aparacie. Rozgałęźnik musi mieć standardową rezystancję widzianą od strony linii (oczywiście dla prądów zmiennych) równą 600W i powinien być, podobnie jak układ antylokalny w aparacie, dopasowany do danej linii abonenckiej aby sygnał z wejścia nie przedostawał się na wyjście. Oczywiście znów, tak jak w przypadku aparatu, nie sposób zrealizować tego w sposób doskonały, bo linia linii nierówna, więc wystąpi przesłuch na drodze niewłaściwej, czyli między wejściem a wyjściem rozgałęźnika.

Zwróć jeszcze uwagę na **rysunek 6a** pokazujący drogę przenikania niepożądanych sygnałów (przesłuchów) w sieci telekomunikacyjnej oraz **rysunek 6b** ilustrujący zasadę tworzenia echa. Oczywiście, gdyby wszystkie rozgałęźniki były dopasowane do współpracujących linii, zjawisko wzbudzania czy echa nie mogłoby wystąpić. Przenikanie sygnału lokalnego ma szczególne znaczenie w aparatach głośnomówiących. Czy zauważyłeś, że w aparacie głośnomówiącym samowzbudzenie występuje częściej podczas łączenia czy rozłączania rozmowy, niż w jej trakcie. Chyba wiesz dlaczego - w tym czasie na końcu twej linii nie dołączono przepisanej rezystancji 600W, występuje tam zapewne rozwarcie, niekiedy zwarcie.

Natomiast przenikanie, czyli przesłuch sygnału w rozgałęźnikach centralowych (których w torze może być kilka) spowoduje powstanie efektu echa. Może zauważyłeś to zjawisko gdy telefonowałeś gdzieś daleko za granicę.

Podsumujmy teraz podane informacje.

Ponieważ w nowoczesnych, cyfrowych centralach na wejściu liniowym standardowo stosuje się rozgałęźnik, więc aparat telefoniczny w czasie rozmowy "widzi" zawsze tę samą linię i rezystancję wejściową rozgałęźnika równą 600W (porównaj **rysunek 2b**). W starszych centralach rozmowy lokalne są łączone "wprost" jak pokazuje **rysunek 2a**, a rozmowy zamiejscowe za pośrednictwem łącz wielokrotnych wyposażonych w rozgałęźniki.

Mam nadzieję, że do tej pory wszystko jest dla Ciebie jasne, no może z wyjątkiem kwestii, czy ma to w Twoim przypadku jakiekolwiek znaczenie praktyczne.

Czy jednak z podanych wiadomości nie wynika, że można dobrać (zmienić) równoważnik w Twoim aparacie tak, żeby dopasować się dokładnie do konkretnej linii? Prawdopodobnie można, w instrukcji instalacji starych aparatów z węglową wkładką mikrofonową i transformatorowym układem antylokalnym była zamieszczona wskazówka jakie elementy równoważnika montować, gdy linia jest długa, a jakie gdy krótka.

Nie namawiam Cię jednak do eksperymentów z indywidualnym dobieraniem elementów równoważnika. Jest to zadanie dość trudne i czasochłonne. Nie sztuka bowiem uzyskać dobre tłumienie dla jednej częstotliwości. Aby w pełni kontrolować uzyskiwane wyniki musiałbyś zastosować generator szumu różowego i analizator widma albo wobulator ze wskaźnikiem. Ponadto ingerencja w nowoczesne układy zawierające być może miniaturowe elementy SMD, ma szansę zakończyć się uszkodzeniem telefonu. Niewykluczone, że także pod względem prawnym taka przeróbka jest nielegalna, ale tego dokładnie nie wiem.

I to byłby koniec opowieści o aparacie telefonicznym. Mam nadzieję, że teraz lepiej rozumiesz działanie tego pożytecznego urządzenia.

Piotr Górecki

Niektóre parametry aparatów telefonicznych współpracujących z krajową analogową siecią telekomunikacyjną (dokładne dane można znaleźć w PN-92 T-83000).

Rezystancja dla przebiegów zmiennych pasma "telefonicznego" w stanie rozmowy, widziana od strony linii: 600W ±10%

Rezystancja stałoprądowa aparatu w stanie rozmowy przy prądzie zasilającym w zakresie 17...73mA: max 600W

Prąd stały pobierany przez aparat w stanie spoczynku: max 0,4mA

Moduł impedancji aparatu w stanie spoczynku (układu wywoławczego) przy częstotliwościach 25Hz i 50Hz i amplitudzie 50V: 3...30kW

Napięcie pracy układu wywołania (dzwonienia) o częstotliwości 25Hz lub 50Hz: 40...90V.

Zakres nieczułości układu wywołania (dzwonienia): 0...16V

Izolacja aparatu (między linią a ewentualnymi częściami metalowymi obudowy): minimum 500Vsk, 50Hz przez 1minutę

Izolacja aparatu zasilanego z sieci energetycznej (między obwodami sieci i aparatu): min 4000Vsk 50Hz przez 1min

Tłumienność symetrii aparatu względem ziemii:

dla 300...600Hz: min 40dB

dla 600...3400Hz: min 46dB

Aparat powinien być odporny na impulsy przeciążeniowe występujące w linii (np. od wyładowań atmosferycznych) o amplitudzie 2kV, czsie narastania 10µs, opadania 700µs o różnej biegunowości zarówno w spoczynku jak i w stanie rozmowy.

JAK MONTOWAĆ UKŁAD NA PŁYTCE UNIWERSALNEJ

Przedstawiamy sposób projektowania układu na uniwersalnej płytce paskowej. To bardzo ważna umiejętność, gdyż często nie warto angażować się w projektowanie i wykonanie płytki przeznaczonej specjalnie do danego układu. Wystarczy wykonać montaż na płytce uniwersalnej. Zastosowanie płytki paskowej wymaga jedynie papieru, ołówka no i samej płytki.

Zaczynamy

Wstępnym warunkiem do projektowania rozmieszczenia elementów na własnej płytce drukowanej jest umiejętność w miarę biegłego czytania schematów. Czytelników, którzy nie posiedli jeszcze tej sztuki, trzeba odesłać do odpowiedniej lektury.

Istnieją liczne sposoby przetwarzania schematu w nadającą się do użytku specjalną lub paskową płytkę drukowaną. Opisywaną tu metodę stosuję od dawna i przy jej pomocy wykonałem już z powodzeniem wiele setek układów. Stosując płytkę paskową zawsze zaczynałem montaż układu od razu, rozmieszczając elementy w miarę posuwania się pracy.

Większość początkujących będzie prawdopodobnie wolała wykonać najpierw szkic na papierze, a dopiero potem montować rzeczywisty układ. Podczas rysowania łatwiej i szybciej można dokonywać zmian i poprawek a wybieganie wyobraźnią daleko w przód nie jest konieczne, ponieważ na papierze łatwiej wycofać się ze ślepej uliczki.

Opisana metoda może zostać użyta do obu sposobów. Można stosować ją do większości układów, są jednak takie, które mniej nadają się do płytek paskowych. Zwłaszcza wykonywanie na płytkach paskowych układów wielkiej częstotliwości o dużym wzmocnieniu, układów VHF i UHF, oraz układów o dużym natężeniu prądu wydaje się problematyczne.

Nie nadają się do tej techniki także układy bezpośrednio łączące się z siecią energetyczną, których wykonywanie zresztą i poza tym nie można polecać jako start dla nowicjusza.

Należy unikać układów łączących się bezpośrednio z siecią, dopóki nie nabierze się dostatecznego doświadczenia, aby robić to w sposób bezpieczny.

Odstępy

Przy projektowaniu specjalizowanych płytek drukowanych stosuje się zwykle standardowe odstępy pomiędzy wyprowadzeniami rezystorów i poszczególnych typów kondensatorów. Elementy porządkuje się w kierunku "północ-południe", a czasem i "wschód-zachód", a nie skośnie. Standardowe odstępy można stosować także i w układach na płytkach paskowych, lepiej jednak tego nie robić. Płytki będą pełne zworek, a uzyskane gęstości upakowania nie będą imponujące.

Bardziej praktyczne jest stosowanie różnych odstępów pomiędzy wyprowadzeniami rezystorów i kondensatorów. Łatwiej projektować płytkę paskową z mylarowymi kondensatorami, które są elementami do płytek drukowanych, ale mają długie wyprowadzenia, niż z poliestrowymi, których wyprowadzenia do druku są krótkie, o standardowym odstępie. W miarę możliwości należy unikać skośnego montażu elementów, ale czasem może to okazać się korzystne, gdy prowadzi do oszczędności miejsca.

Zazwyczaj unika się pionowego montażu rezystorów na specjalizowanych płytkach. Montaż taki wykazuje małą odporność na pionowy nacisk mechaniczny, łatwo bowiem wtedy następuje oderwanie ścieżki od spodu płytki. Pionowo umieszczone elementy łatwo również ulegają zgięciu mogąc powodować zwarcia z sąsiednimi elementami. Jednakże użycie czasem kilku wmontowanych pionowo rezystorów ułatwia rozsądne zagęszczenie płytki, powinno się je jednak ograniczyć do minimum.

Decyzje, decyzje

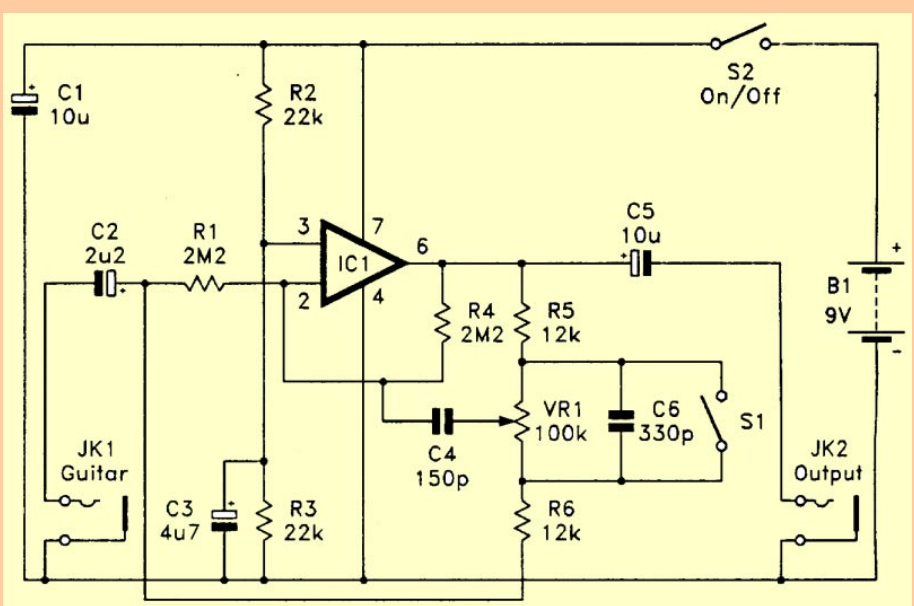
Najlepiej zaczyna się od jakiegoś prostego układu, nawet jeżeli traktuje się to tylko jako ćwiczenie. Jak przy każdym projektowaniu, najcenniejsze jest doświadczenie.

Układem, na przykładzie którego zostanie przedstawione projektowanie paskowej wersji płytki drukowanej, będzie układ uwydatniania wysokich tonów (treble booster).

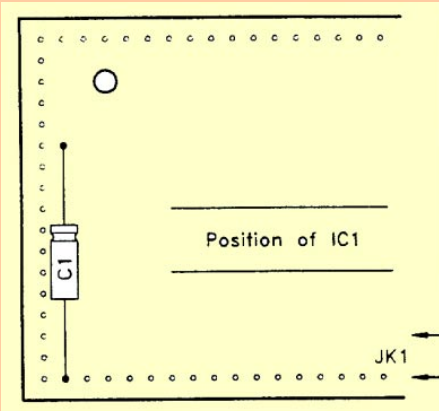
Dla początkujących najtrudniejszy jest start, wymaga on bowiem podejmowania wielu decyzji. Praktyczną zasadą jest przyjęcie dolnego paska płytki za szynę 0V zasilania, a górnego za szynę dodatniego napięcia (+) zasilania, o ile nie ma ważnych powodów zmodyfikowania tej konwencji.

Nieco miejsca na płytce trzeba przeznaczyć na otwory do jej mocowania w obudowie. Zmontowane płytki zwykle są zupełnie lekkie i dla małych i średnich płytek powinny wystarczyć dwa otwory. Zazwyczaj na otwory rezerwuje się trzy do pięciu pasków w górnej części płytki.

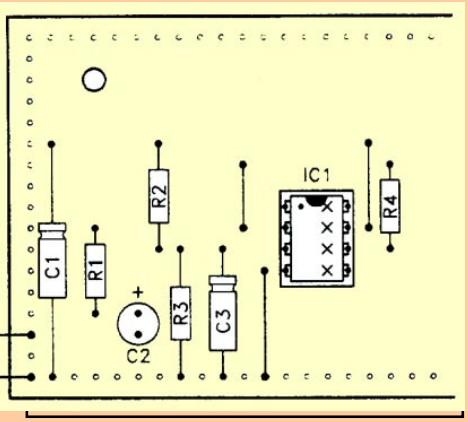
Następnie trzeba zdecydować ile pasków-ścieżek powinno mieścić się pomiędzy szynami zasilania. Z doświadczenia wiadomo, że powinno ich być minimum



Rys. 1. Schemat układu uwydatniania wysokich tonów.



Rys. 2. Płytka z umieszczonym pojedynczym kondensatorem C1.



Rys. 3. Płytka z podstawowym układem wzmacniacza.

dwa powyżej układów scalonych i cztery poniżej. Złożony schemat będzie prawdopodobnie wymagał ich jeszcze więcej, ale w tym wypadku chodzi o prosty układ.

Sumując razem wszystkie paski, będzie ich cztery na układ scalony, dwa na szyny zasilania, sześć poniżej i powyżej układu scalonego i dajmy na to pięć na otwory mocujące. Z powyższego wynika, że jest potrzebna płytka o 17 paskach.

Oczywistym punktem startu przy rozmieszczaniu elementów jest miejsce kondensatora C1, który można umieścić pomiędzy ścieżkami zasilania z lewej strony płytki. W tym stadium nie da się jeszcze ustalić dokładnej pozycji IC1, można już jednak dwoma liniami zaznaczyć dla niego górny i dolny pasek. W ten sposób powstaje wstępny zarys płytki na rys. 2.

Ciąg dalszy

Teraz trzeba tylko posuwać się wzdłuż schematu od lewej do prawej i dodawać po jednym elemencie. Po wybraniu szyn zasilania i pasków dla IC1 pozycje niektórych elementów są już do pewnego stopnia ustalone. Na przykład rezystor R3 i kondensator C3 muszą zostać wmontowane pomiędzy ścieżką łączącą się z końcówką 3 IC1 a szyną 0V. Podobnie, R2 łączy pasek końcówki 3 IC1 z dodatnią szyną napięcia zasilającego. Rezystorem R1 łączy się pasek, prowadzący do końcówki 2 IC1, z jednym z nie użytych jeszcze pasków. Jest ich kilka do wyboru, ale radziłbym dla prostoty użyć paska niższego o cztery pozycje od końcówki 2 IC1.

Kondensator C2 może wtedy zostać umieszczony pomiędzy tym paskiem a paskiem znajdującym się bezpośrednio poniżej. Na lewym skraju płytki można teraz wmontować wyprowadzenia do gniazdka JK1.

Po rozmieszczeniu wszystkich elementów na lewo od układu scalonego przyszedł czas na sam IC1 wraz ze zworkami z drutu, łączącymi go z szynami zasilania. Do zakończenia montażu układu wzmacniacza brakuje jeszcze rezystora R4. Powstaje jednak przy tym pewien problem, ponieważ rezystor ten ma połączyć paski po przeciwnych stronach IC1. Łączenie ich ponad układem scalonym nie jest dobrym rozwiązaniem, lepszym jest jego obejście przy pomocy zworek z drutu. Ja używam zwykle do tworzenia tego obejścia jednego z pasków powyżej układu scalonego. W tym stadium można zostawić częściowo ukończoną płytkę, zilustrowaną na rys. 3, istnieje jednak wiele innych sposobów rozmieszczania elementów, prowadzących do równorzędnego funkcjonalnie rezultatu. Nie wolno zapomnieć o wykonaniu niezbędnych przerw w paskach pomiędzy oboma rzędami wyprowadzeń IC1. Są one zaznaczone na rys. 3 znakami "x".

Analiza końcowa

Projektowanie końcowej części płytki jest nieco trudniejsze, ponieważ obejmuje ona kilka elementów z poza płytki. Potrzebny jest więc staranny namysł, aby ułożyć połączenia porządnie i wygodnie.

Wyprowadzenia każdego z zewnętrznych podzespołów powinny znaleźć się na płytce blisko siebie. Wyłącznik S1 także mógłby mieć swoje wyprowadzenia na płytce, ale łatwiejsze będzie połączenie go z końcówkami potencjometru VR1. Wyprowadzenia do VR1 będzie wygodnie połączyć z trzema paskami poniżej IC1. Wystarczy wtedy wmontować rezystory R5 i R6, a kondensatory C4, C5 i C6 pomiędzy odpowiednimi paskami. Niewykorzystany pozostanie wtedy jeden pasek poniżej IC1, który posłuży do połączenia ujemnej końcówki kondensatora C5 z jednym z wyprowadzeń gniazdka wyjściowego JK2, którego drugie wyprowadzenie łączy się z szyną 0V. Kończę ostatnim (ale nie sprawdzonym) rozmieszczeniem wszystkich już elementów, przedstawionym na rys. 4. Trzeba zwrócić uwagę na przerwę w pasku łączącym końcówki R6. I w tej części schematu istnieje wiele równorzędnych rozwiązań.

W układach audio trzeba zawsze strzec się przypadkowych sprzężeń zwrotnych wyjścia z wejściem układu. W tym przypadku zastosowałem dwie przerwy w ścieżkach przy wejściu i przy wyjściu układu. Zmniejsza to prawdopodobieństwo sprzężenia zwrotnego i indukowania się zakłóceń na wejściu.

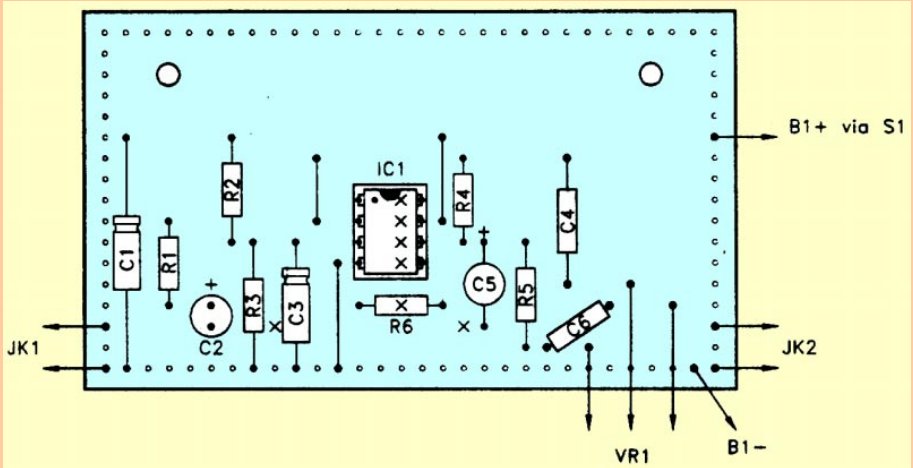
Sprzężenie zwrotne

W układach liniowych trzeba dbać o minimalizację sprzężenia zwrotnego drogą paskowych ścieżek. Należy zwłaszcza unikać stosowania do wejścia i wyjścia sąsiednich pasków. W razie problemów związanych ze sprzężeniem zwrotnym, zwykle skutkuje wykonanie dodatkowych przerw w ścieżkach, izolujących niewykorzystane ich odcinki. W skrajnych przypadkach może pomóc połączenie tych odcinków z szyną 0V. Działają one wtedy jak ekrany, które redukują w znacznym stopniu wszystkie niepożądane sprzężenia.

Omówiony układ jest bardzo prosty, ale podstawowe zasady jego tworzenia stosują się także do bardziej złożonych układów.

Robert Penfold

Artykuł publikujemy na podstawie umowy licencyjnej z angielskim pismem Everyday Practical Electronics.



Rys. 4 Ostateczne rozmieszczenie (nie sprawdzone) elementów na płytce.

EASYTRAX - to naprawdę proste część 3

W tym numerze kontynuujemy omawianie bardzo ważnego polecenia SETUP.

Polecenie SETUP - ustawianie opcji programu

Pora teraz zająć się poleceniem Options z podmenu SETUP - wykonaj je: “S”, “O”. Miej świadomość, że dokonasz teraz ważnej czynności - decyzje jakie za chwilę podejmiesz będą miały duże znaczenie dla Twej przyszłej pracy. Na **rysunku 6** widzisz tabelkę, w której wpisałem swoje preferencje. Wytłumaczę Ci teraz jakie znaczenie mają poszczególne opcje i parametry.

Autopanorama - Auto Pan

Jeśli opcja ta jest włączona (On), próba przesunięcia kursora poza ekran spowoduje pojawienie się na ekranie nowego fragmentu obszaru roboczego (płytki).

Gdy opcja ta jest wyłączona (Off), kursor “jest uwięziony” w granicach ekranu. Nie znaczy to, że nie można się wtedy przesunąć do innego fragmentu obszaru roboczego - można, ale trzeba do tego użyć rozkazów z podmenu ZOOM lub klawiszy “F10”, “F5”, “F6”.

Zazwyczaj opcja Auto Pan jest włączona - wyjątki mogą być celowe przy bardzo wolnych komputerach, gdzie przerysowanie obrazu trwa bardzo wolno i jest dużą stratą czasu.

Zmianę opcji Auto Pan można przeprowadzić następująco:

z menu głównego “S”, “O”, “A”

potem strzałkami lub myszą podświetlić “On” albo “Off”,

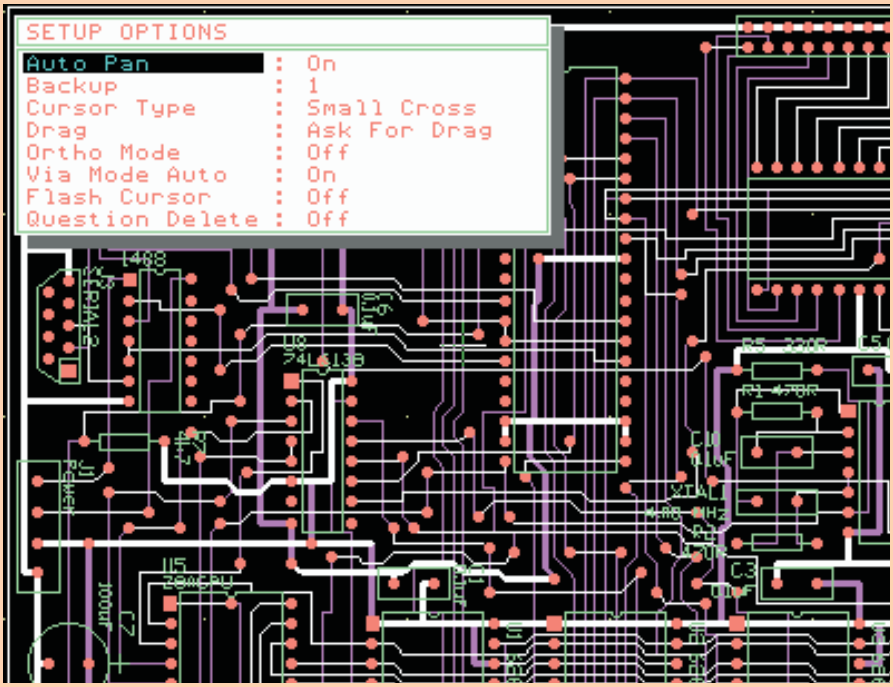
“enter”,

na koniec “esc”.

Kopie rezerwowe - Backup

Jest to bardzo ważne zagadnienie praktyczne. Zadecydujesz teraz, co ile minut program ma tworzyć kopię zapasową twojego projektu.

W poprzednim odcinku powiedziałem Ci, że w czasie pracy programu twoja projektowana płytka istnieje tylko jako zbiór liczb w (ulotnej) pamięci operacyjnej komputera. Każde przypadkowe wyłączenie zasilania bezpowrotnie zniszczyłoby więc twój projekt. Aby się tego ustrzec musiałbyś podczas pracy często zapisywać projekt na dysk twardy, choćby poznanym poleceniem “F”, “S”.



Rys. 6

Easytrax, jak zresztą wszystkie porządne programy projektowe, samoczynnie zapisuje twój zbiór na dysk twardy (lub dyskietkę). Nie znaczy to, że modyfikuje zbiór typu .pcb - bieżący stan pracy nad Twoim projektem jest zapisywany w zbiorze o nazwie easyedit.abk. Rozszerzenie .abk pokazuje, że jest to zbiór rezerwowy, jak potocznie mówimy “autobekapowy” od angielskiego “auto backup”. Jeśli podczas pracy z Easytraxem energetycy odłączą zasilanie Twojego mieszkania, nie stracisz wszystkich owoców swej pracy. A ile stracisz? To zależy ile zmian wprowadziłeś od czasu ostatniego zapisu zbioru easyedit.abk. Jeśli nie pamiętasz, kiedy ostatnio wyłączono Ci w domu prąd, nie musisz się specjalnie przejmować tą kopią zapasową. Ja jednak parę razy przeżywałem takie sytuacje i moje programy zapisują zbiory .abk co minutę! W szybszych komputerach nie stanowi to żadnego utrudnienia w pracy.

Ustaw więc w linii Backup odpowiednią liczbę minut:

“S”, “O”, “B”

teraz wybierz linię Time: “T”

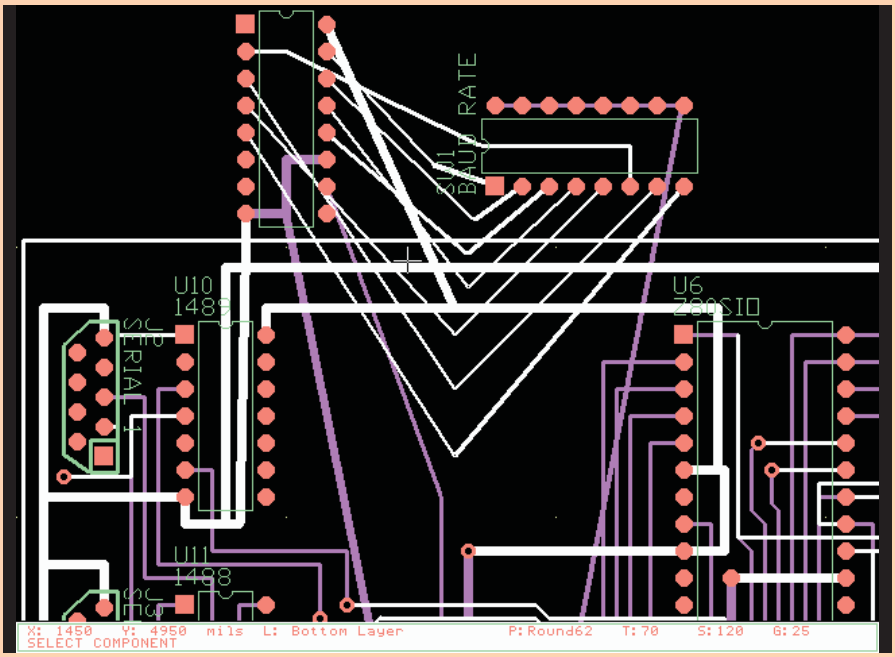
wpisz czas w minutach (ja wpisuję 1)

“enter”

“esc”, “esc”.

Mógłbyś tu też zmienić nazwę zbioru, do którego będzie zapisywana bieżąca kopia. Nie radzę Ci jednak tego zmieniać. Pamiętaj, że nasza kopia nie jest związana z konkretnym projektem płytki, tylko z programem projektowym. W zbiorze tym w sposób automatyczny jest zapisywane wszystko co aktualnie znajduje się w obszarze roboczym programu, niezależnie czy zapisujesz projekt płytki na dysk poleceniem “F”, “S”. Taka zmiana nazwy zbioru easyedit.abk na inny mogłaby być uzasadniona tylko w przypadku, gdyby ktoś pod Windowsami próbował uruchomić Easytraxa dwukrotnie albo jednocześnie pracował z dwoma jego kopiami, ale czy to ma sens? Ja nigdy nie próbowałem tego robić.

Przy okazji omawiania zagadnienia bieżącej kopii rezerwowej należy wyjaśnić sprawę jeszcze jednej kopii rezerwowej i pewnych zdrowych przyzwyczajeń. Być może zauważyłeś, że w katalogu c:\easytrax oprócz demo.pcb i piotr.pcb pojawiły się demo.bak



Rys. 7

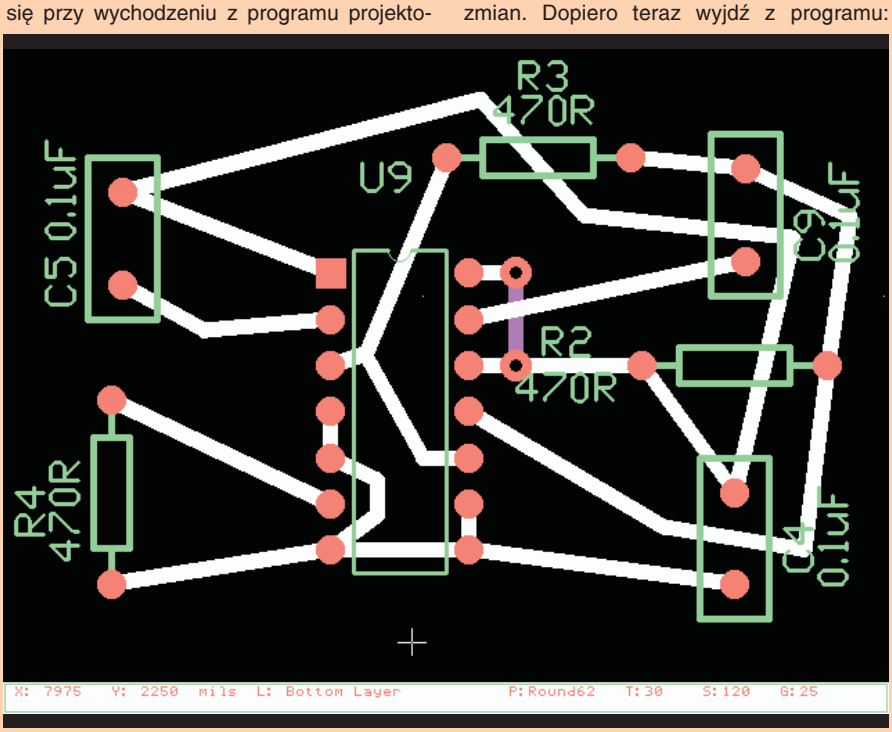
i piotr.bak. To są również zbiory rezerwowe. Gdy w czasie pracy programu lub na koniec pracy zapisujesz zbiór z pamięci operacyjnej komputera na dysk twardy, to istniejący tam wcześniej zbiór o tej samej nazwie, np. demo.pcb, jest przemianowany na demo.bak, a bieżąca zawartość pamięci operacyjnej jest wpisywana do zbioru o nazwie demo.pcb. Zbiór demo.bak jest więc wcześniejszą wersją tego samego projektu.

Uważaj teraz! Nabieraj zdrowych przyzwyczajeń od początku. Dlatego przyzwyczaj się przy wychodzeniu z programu projektowego easyedit dwa razy zapisywać na dysk swój projekt. Możesz zapisać go do zbioru o nieco zmienionej nazwie, np. demo1.pcb. Możesz też zadbać, aby zbiór demo.bak był identyczny ze zbiorem demo pcb.

Aby to osiągnąć zamiast “F”, ”Q”, ”Y”, ”Y”, ”enter”,”Y”

wykonaj najpierw “F”,”S”,”enter”,”Y”,

potem w jakimkolwiek pustym fragmencie ekranu umieść punkt poleceniem “F1” i natychmiast go skasuj używając “F2” - tą na pozór bezsensowną czynnością oszukasz program, który potraktuje to jako wprowadzenie zmian. Dopiero teraz wyjdź z programu:



Rys. 8

“F”,”Q”,”Y”,”Y”,”enter”,”Y” - zbiory *.pcb i *.bak będą identyczne.

Takie zabiegi mogą Ci się wydać dziwne i przesadzone, ich wartość docenisz dopiero wtedy, gdy będziesz miał kłopoty z odczytaniem oryginalnego zbioru, na przykład z archiwalnej dyskietki i uratuje Cię zachowana przezornie kopia rezerwowa.

Wiedz jednak, że program easyedit.exe nie zechce przeczytać kopii z rozszerzeniem .bak lub .abk. Aby z nich skorzystać powinieneś najpierw ich zawartość skopiować pod DOSem lub Windowsami do zbioru np. ratuj.pcb.

Wygląd kursora - Cursor Type

Kursor widoczny na ekranie może mieć kształt strzałki (Arrow), małego krzyżyka (Small Cross) lub dużego krzyża (Large Cross).

Wybierasz następująco:

“S”,”O”,”C”

potem “A” albo “S” albo “L”

i wychodzisz “esc”.

Ja wybieram opcję Small Cross.

Ciągnięcie ścieżek - Drag

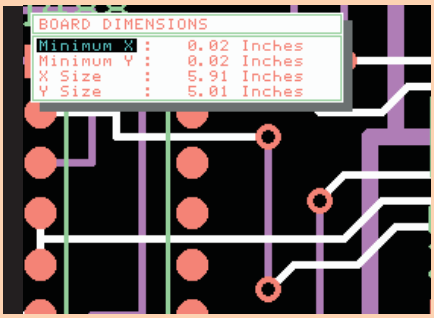
Jest to kolejna ważna opcja - ustalisz teraz, jak zachowywać się będą ścieżki związane z elementami bibliotecznymi podczas przesuwania elementów poleceniem “M”,”C”.

Jeśli wybierzesz None (nic), ścieżki pozostaną na miejscu, a przesunięty zostanie tylko element. Przy opcji All (wszystko), wszystkie ścieżki związane z danym elementem przesuną się wraz z nim, niektóre “rozciągną się” jakby były z gumy. Przybliżony efekt widzisz na **rysunku 7**.

Obie opcje mają zalety i wady, a w czasie pracy występują sytuacje, kiedy trzeba korzystać z jednej lub drugiej. Dlatego proponuję Ci wybranie trzeciej możliwości z tabelki: Ask For Drag. Wtedy podczas pracy przy każdym przesunięciu elementu bibliotecznego poleceniem “M”,”C” program zapyta Cię, czy chcesz ciągnąć ścieżki za elementem, czy przesuwać sam element. Po umieszczeniu elementu na nowym miejscu pojawi się tabelka zatytułowana DRAG TRACKS (ciągnąć ścieżki) z dwoma możliwościami: No - nie oraz Yes - tak.

Przyzwyczaj się do takiego rozwiązania, bowiem ułatwi Ci ono pracę.

Zdecydowanie zachęcam Cię więc do wybrania tej trzeciej opcji - włączysz ją w następujący sposób:



Rys. 9

"S","O","D"

następnie myszą lub strzałkami podświetl Ask For Drag (nie możesz po prostu wpisać litery "A", bo opcja All też zaczyna się tą samą literą),

"enter","esc".

Sposób rysowania ścieżek - Ortho Mode

Oto następna ważna opcja - ustalisz teraz jak przebiegać będą ścieżki podczas rysowania poleceniem "F3" i "F4" lub "P","T".

Gdy opcja jest włączona (On), rysowane ścieżki będą przebiegać równolegle lub prostopadle, ewentualnie pod kątem 45^{o} do głównych osi arkusza (dotyczy to tylko ścieżek rysowanych, natomiast przy modyfikacji przebiegu ścieżek poleceniami "F7" = "M""B", "M""D", "M""R", "M""T" ograniczenie nie obowiązuje).

Z działaniem tej opcji już się zapoznałeś w poprzedniej lekcji, jest ona automatycznie włączana po instalacji. Taki sposób rysowania ma swoje zalety - dobrze jest, jeśli w gotowym projekcie wszystkie ścieżki przebiegają w ten właśnie sposób. Życie pokazuje jednak, iż prawie nigdy nie udaje się w pierwszej próbie zadowalająco rozstawić elementy i poprowadzić ścieżki. Zawsze trzeba coś poprawić, przesunąć, obrócić. Przy takim przesuwaniu i obracaniu obecność ścieżek składających się z wielu odcinków bardzo utrudnia pracę. Może jeszcze tego nie czujesz, zetkniesz się z tym dopiero przy praktycznych zadaniach. Dlatego teraz chcę Ci tylko zasygnalizować problem i zaproponować od razu metodę wyglądającą na trudniejszą, ale w praktyce bardziej użyteczną.

Wyłącz mianowicie opcję Ortho:

"S","O","O"

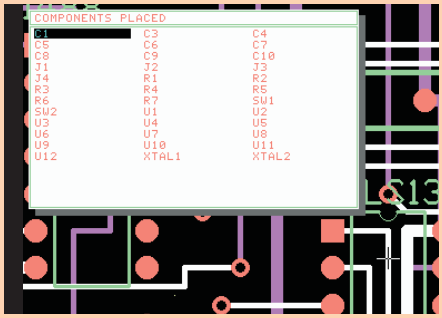
podświetl Off

"enter", "esc".

Teraz możesz wprowadzać ścieżki przebiegające pod dowolnymi kątami -na przykład tak jak pokazuje to **rysunek 8**.

Na początku pracy nad projektem, po wprowadzeniu elementów bibliotecznych, będziesz mógł połączyć prostymi ścieżkami poszczególne punkty układu. Potem będziesz przesuwał poszczególne elementy i ścieżki aż osiągniesz zadowalające rozmieszczenie. Na koniec uporządkujesz przebieg ścieżek za pomocą wspomnianych poleceń "M""B", "M""D", "M""R", "M""T".

Dlaczego uważam, że powinieneś przyzwyczaić się do takiego sposobu pracy? Znowu chodzi o nabranie zdrowych nawyków. W programach projektowych bardziej rozbudowanych niż Easytrax istnieje możliwość wczytania listy połączeń (netlist) ze schematu ideowego. Na ekranie pokazują się wtedy prostoliniowe połączenia między punktami układu - nie są to ścieżki, tylko schemat połączeń. Można wtedy uruchomić autorouter - czyli program automatycznego projektowania ścieżek. Zdecydowana większość znanych autorouterów jest jednak "mało inteligentna" i sensowne efekty uzyskuje się tylko



Rys. 10

przy projektach układów logicznych na płytkach co najmniej dwustronnych. Takie autoroutery nie radzą sobie w sposób zadowolający z płytkami jednostronnymi, ponadto przy układach analogowych często trzeba uwzględniać dodatkowe warunki, choćby przy prowadzeniu masy. W każdym razie korzystanie z netlisty jest dużą pomocą nawet przy projektowaniu "na piechotę". I choć Easytrax nie oferuje takich możliwości, zaczniesz robić w nim coś podobnego. Przygotuje Cię to do praktycznego korzystania z netlisty, gdy przesiądziesz się na bardziej zaawansowane programy.

A teraz pobaw się trochę i sprawdź jak podoba Ci się umieszczanie ścieżek gdy opcja Ortho Mode jest wyłączona.

Automatyczne umieszczanie przelotek - Via Mode Auto

W tym miejscu zadecydujesz, czy podczas umieszczania ścieżek "miedzi" przy przechodzeniu z jednej warstwy na drugą, przelotki (vias) będą umieszczane automatycznie, czy też nie.

Przyjmij do wiadomości, że opcja ta ma być włączona - On.

Nawet gdy będziesz projektował płytki jednostronne, wykorzystasz możliwość automatycznego umieszczania przelotek przy projektowaniu zwór, które jak się umówiliśmy, będą traktowane jakby były ścieżkami umieszczonymi na górnej stronie płytki (Top Layer).

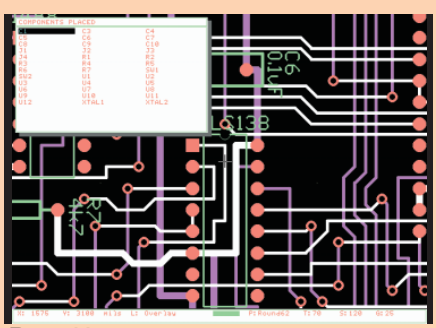
W tym miejscu musisz też być świadomy, jakiej wielkości będą te przelotki. Wielkość przelotek ustawisz z menu głównego poleceniem "C","V" (Current, Via). Proponuję Ci ustawienie średnicy przelotek równej 70mil przy płytkach gęsto upakowanych, a 100mil przy płytkach luźnych.

Chyba wiesz, czym różni się przelotka (via) od punktu lutowniczego (pad)? Przecież po wykonaniu płytki niczym się od siebie nie różnią. Jeśli masz wątpliwości, a nawet gdy uważasz, że rozumiesz to dokładnie, koniecznie sprawdź w sposób praktyczny co dzieje się z punktem lutowniczym i przelotką umieszczonymi na połączeniu dwóch odcinków ścieżek w warstwach Top i Bottom podczas przesuwania ich poleceniami "M""V", "M""P" i "M""D" gdy warstwą czynną jest Top, a potem Bottom Layer. Zrób to teraz!

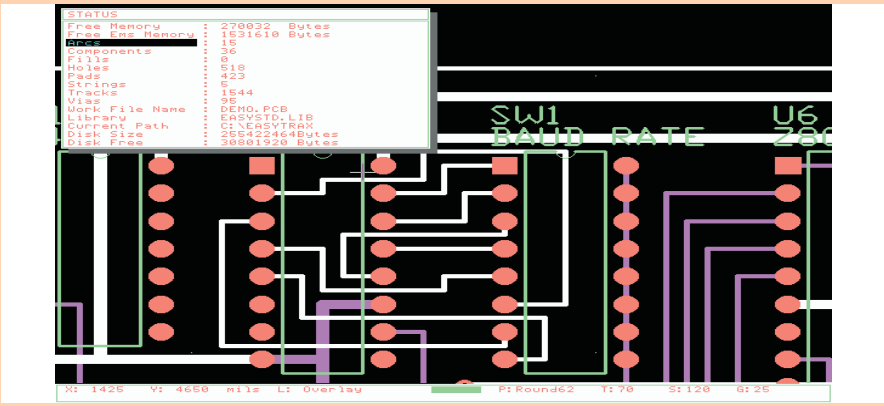
Jak widzisz przelotka przesuwa się razem ze ścieżkami (ale wypróbuj polecenie "M""V" gdy warstwą czynną jest Overlay lub Board Layer). Natomiast gdy na połączeniu ścieżek umieszczony jest punkt, wszystkie elementy przesuwane są oddzielnie.

Chyba rozumiesz, że to dla własnej wygody należy wykorzystywać omawianą opcję Via Mode Auto, a nie eksperymentować z umieszczaniem punktów lutowniczych w miejscach połączenia ścieżek znajdujących się w różnych warstwach miedzi.

Ma to tym większe znaczenie, że punkt lutowniczy ma swój numer lub nazwę, a przelotka nie. W Easytraxie nie ma to większego znaczenia, ale jest istotne w innych programach oferujących możliwości sprawdzania projektu na zgodność z wczytaną listą połą-



Rys. 11



Rys. 12

czeń. Wtedy umieszczenie w projekcie dodatkowych punktów jest sygnalizowane jako błąd.

Temat ten poruszymy jeszcze przy okazji omawiania elementów bibliotecznych.

Poświęć teraz trochę czasu na solidne przećwiczenie wszystkich czynności związane z umieszczeniem i przesuwaniem punktów, przelotek oraz ścieżek umieszczonych we wszystkich warstwach, także Overlay i Board Layer. Zapamiętaj jak zachowywały się składniki rysunku w poszczególnych przypadkach - będzie Ci to bardzo potrzebne przy bieżącej pracy z płytką.

Miganie kursora - Flash Cursor

Możesz włączyć lub wyłaczyć miganie (pulsowanie) kursora. W założeniu jest to pożyteczne gdy zdecydowałeś się na kursor w postaci Arrow lub Small Cross. Przy szybszych komputerach tego migania kursora praktycznie nie widać, więc nie ma znaczenia, czy włączysz tę opcję, czy nie.

Zatwierdzanie kasowania- Question Delete

Czy chcesz, żeby podczas pracy jeśli coś kasujesz, program pytał Cię za każdym razem o zatwierdzenie decyzji? Jeśli tak włącz tę opcję (On). Przy wykonaniu rozkazów z podmenu DELETE, np. “D””T” pojawi się tabelka wymagająca potwierdzenia “Y” lub rezygnacji z kasowania “N”. Zauważ jednak, że nie dotyczy to makrorozkazów kasowania punktów i ścieżek “F2” i “F8”.

Jeśli tej opcji nie włączysz (Off), podanie rozkazu kasowania spowoduje natychmiastowe usunięcie podanego składnika projektu.

Mogłoby się wydawać, że włączenie opcji jest bezpieczniejsze, bo zapobiega przypadkowemu skasowaniu potrzebnych elementów. Tak jednak nie jest, bowiem jak pamiętasz program ma w menu głównym polecenie Un-Delete, pozwalające odzyskać dowolną liczbę skasowanych ostatnio składników projektu.

Dlatego nie ma większego znaczenia, co wybierzesz; ja proponuję Ci wyłączenie tej opcji - zaoszczędzisz trochę czasu.

Inne polecenia pomocnicze - INFORMATION, JUMP, GRID

W menu głównym znajduje się polecenie Information. Z jego pomocą uzyskasz pewne istotne wiadomości o projekcie, programie i środowisku jakie programowi zapewnia Twój komputer.

Z podmenu INFORMATION w praktyce, i to nieczęsto, będziesz wykorzystywał tylko polecenia Components, Highlighted Pins i Status.

Polecenie Board Dimensions (“I””B”) - patrz **rysunek 9** - ma informować o wymiarach płytki, ale jak możesz się łatwo przekonać, do płytki zaliczane są także elementy umieszczone poza prostokątem obrysu płytki, co czyni podawaną informację prawie bezużyteczną.

Z kolei polecenie “I””L” (Information, Library Components) - **rysunek 10** - jest równoznaczne z poznanym już poleceniem “L””L” (Library, List).

W prostych projektach nie będziesz stosował oddzielnych warstw masy i zasilania, więc polecenie “I””P” (Pwr/Gnd Pins) też nie będzie potrzebne.

Natomiast czasem skorzystasz z polecenia “I””C” (Information, Components) - **rysunek 11** - dla sprawdzenia jakie elementy umieściłeś już na płytce, a jakich ewentualnie brakuje.

Polecenie “I””S” (Information, Status) może się okazać pożyteczne gdy pracujesz na komputerze z małą pamięcią RAM.

Nie będą Ci potrzebne informacje o umieszczonych na płytce składnikach, roboczych zbiorach, czy pojemności twardego dysku, a jedynie dane o wykorzystaniu dostępnej pamięci RAM.

Są to dwie pierwsze linie w tabelce pokazanej na **rysunku 12**: liczba w linii Free Memory informuje o ilości dostępnej pamięci konwencjonalnej (poniżej 640KB), Free Ems Memory - w pamięci expanded lub extended. Może to Ci być potrzebne tylko wówczas, gdy na starym komputerze z małą ilością RAMu będziesz próbował opracować duży projekt. Coś takiego zdarzało mi się przed laty przy pracy z Autotraxem na komputerze AT. Przy dużych projektach program sygnalizował brak wolnej pamięci. Trzeba było wyjść z programu, przejrzeć zawartość config.sys i autoexec.bat, “wyremować” wszystkie niepotrzebne drivery i TSR-y i po zresetowaniu zapuścić program z poziomu DOSa bez korzystania z Nortona czy Windows.

Przy typowych amatorskich projektach nic takiego nie grozi, możesz spać spokojnie.

Pozostało jeszcze polecenie “I””H” (Highlighted Pins), omówimy je jednak później razem z rozkazami podmenu HIGHLIGHT.

W naszym menu głównym mamy jeszcze podmenu JUMP (skocz do).

W praktyce niewiele się z niego korzysta. Jedynie polecenie “J””C” (Jump, Component) jest przydatne do znalezienia w upakowanej płytce jakiegoś elementu. Częściej szukanie jakiegoś elementu jest związane z jego przesuwaniem. Wtedy należy ustawić kursor w miejscu, gdzie na pewno nie ma żadnego elementu bibliotecznego i nacisnąć “M””C”. Program zapyta o oznaczenie elementu - należy je wpisać i element jest gotowy do przesuwania.

W rzadkich przypadkach pomocne będzie polecenie “J””S” poszukujące określonych napisów, umieszczonych w dowolnej warstwie.

Z kolei w podmenu GRID możemy zmieniać elementarny skok kursora - stanowczo namawiam Cię jednak, żebyś od początku przyzwyczaił się do pracy ze skokiem 25 mil. Nic więc w tym podmenu nie zmieniaj.

Podmenu BLOCK omówimy w przyszłości, wcześniej musimy powrócić do elementów bibliotecznych.

Piotr Górecki

C.D. w EdW 4/96

Minilatarka - breloczek do kluczy

kit AVT-2090

Do czego to służy?

W katalogach zachodnich sieci handlowych wśród setek poważnych urządzeń i towarów zawsze można znaleźć kilka drobnych gadżetów. Ostatnio wśród takich zabaweczek pojawiła się minilatarka z diodą LED. W niemieckich katalogach nazywa się to Schluessellicht, ma wygląd breloczka do kluczy i jest reklamowane jako znakomita pomoc ułatwiająca w ciemności znalezienie dziurki od klucza. Rzeczywiście, ma to sens jako breloczek do kluczy domowych, natomiast przy kluczykach do samochodu większość z nas ma już jeden taki breloczek - pilot sterujący alarmem samochodowym.

Jak to działa?

Układ elektroniczny nie może być prostszy - występuje tu tylko bateria i dioda świecąca - patrz **rysunek 1**.

Autor wykorzystał do budowy modelu obudowę KM-15N z oferty AVT. Jest to dość duża obudowa, do budowy latarki mogłaby być użyta mniejsza, jednak niewątpliwą jej zaletą jest obecność w górnej pokrywie elastycznej membrany służącej jako przycisk.

"Podstawą konstrukcji" jest kawałek płytki jednostronnie laminowanej miedzią (typowa surowa płytka drukowana) o wymiarach około 42 x 32mm. W płytce tej należy wywiercić dwa otwory o średnicy 3,2mm i wykonać bruzdę dzielącą obszar miedzi na dwie części. Pomocą będzie **rysunek 2**. Do płytki zostały przylutowane kawałki srebrzanki utrzymujące baterię w stałym położeniu (może to być drut miedziany o średnicy 0,7...1mm) oraz wyprowadzenie anody diody świecącej. Drugie wyprowadzenie diody zostało tak wygięte, że po naciśnięciu membrany jego końcówka dotyka do ujemnego bieguna baterii zamykając obwód prądu.

Dodatni biegun baterii styka się całą powierzchnią z miedzią płytki drukowanej.

Dodatnią końcówkę diody świecącej (anoda) łatwo można zidentyfikować, bo jest dłuższa od drugiej końcówki. Można to też sprawdzić praktycznie - dioda na pewno nie ulegnie uszkodzeniu przy odwrotnym podłączeniu do baterii.

W roli baterii zasilającej koniecznie musi być użyte ogniwo litowe o napięciu 3V, nie nadają się natomiast popularne ogniwa zegarkowe o napięciu 1,2...1,5V (chyba, że zastosuje się dwa takie ogniwa).

W modelu wykorzystano baterię CR2016 firmy Panasonic. Wypróbowano także działanie z ogniwami Maxell CR2025 i CR2032.

Uzyskany efekt zależy oczywiście od typu użytej diody świecącej. W modelu zastosowano żółtą diodę HLMP-3850 firmy Hewlett Packard, z podobnym skutkiem można użyć zielonej diody L-53SGC/A z oferty AVT. Oczywiście mogą być użyte także diody czerwone, takie jak HLMP-3750 czy jeszcze lepiej L-53SRC/C, jeśli ktoś zdecyduje się na tak nietypową barwę światła latarki.

Dlaczego takie właśnie diody?

Temat diod świecących zostanie w niedalekiej przyszłości omówiony szczegółowo na łamach EdW, teraz podamy tylko krótkie uzasadnienie:

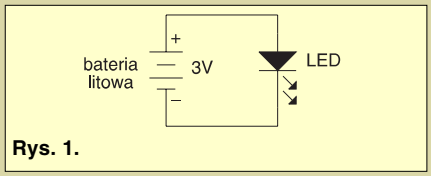
W latarce należy zastosować diodę o jak największej sprawności przetwarzania energii elektrycznej na światło i jak najmniejszym kącie świecenia. Większość popularnych diod z matową lub mleczną soczewką (obudową) rozprasza swe światło w szerokim kącie bryłowym. Takie diody zupełnie nie nadają się do naszej latarki. Tu należy zastosować diodę z przezroczystą soczewką, rozsyłającą światło w postaci wąskiego stożka. Obecnie są produkowane diody świecące o światłości kilkunastu kandeli, podczas gdy popularne diody mają światłość rzędu kilku...kilkunastu milikandeli (1 kandela = 1000 milikandeli). Takie rewelacyjnie jasne diody mają zawsze bardzo wąski kąt świecenia - kąt wierzchołkowy stożka promieniowania - rzędu 2...4 stopni. Są też stosunkowo drogie i trudno dostępne.

Dlatego w naszym rozwiązaniu oparliśmy się na popularnych, niedrogich i dostępnych diodach firm Kingbright i Hewlett Packard. Spośród diod o średnicy obudowy 5 mm jasnozielona dioda L-53SGC/A ma kąt świecenia 30° i światłość 100...200mcd przy prądzie 20mA. Czerwona L-53SRC/C ma większą światłość: 500...1000mcd. Kingbright nie produkuje żółtych superjasnych diod o małym kącie świecenia.

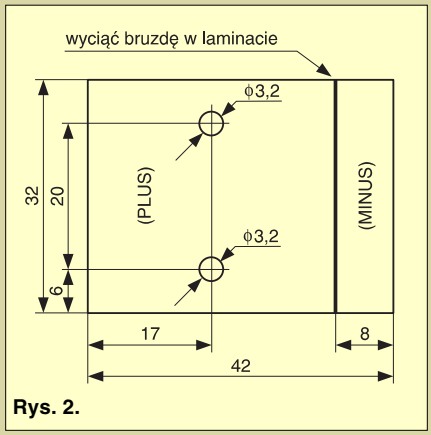
Firma Hewlett Packard ma w swej ofercie wiele interesujących diod. Na **rysunku 3** pokazano charakterystykę promieniowania diod HLMP-3750...3950. Jak widać, ich stożek promieniowania ma kąt wierzchołkowy około 24 stopni. W tabeli 1 podano światłość i dopuszczalne prądy pracy poszczególnych typów diod. Choć w modelu zastosowano diodę żółtą, ze względu na parametry lepiej stosować diody zielone, które mają zbliżoną barwę światła, a mogą pracować przy większych prądach.

W ofercie Hewlett Packard, firmy która

c. d. na stronie 48



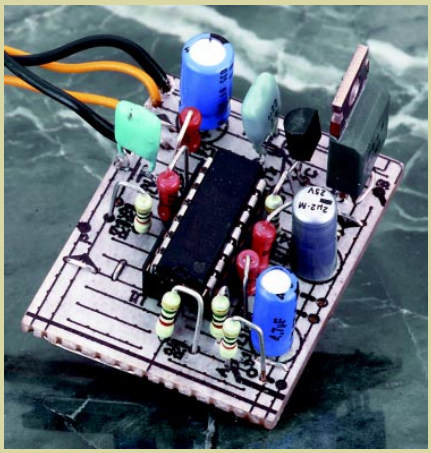
Rys. 1.



Rys. 2.

Wieczna świeczka

kit AVT-2091



Do czego to służy?

Nikogo chyba nie trzeba przekonywać, ile do atmosfery uroczystej rodzinnej kolacji wnoszą świece. Migotliwe światło świec tworzy nową jakość, stwarza nastrój.

Z drugiej strony jesteśmy świadkami, jak elektronika coraz szerszym frontem wkracza do naszego życia.

Przedstawiamy więc propozycję dla mężów i synów: zróbcie żonie lub mamie praktyczną wieczną świeczkę elektroniczną. Co prawda nie daje ona dymu i specyficznego zapachu prawdziwej świecy; efekt wizualny jest jednak łudząco podobny, może nawet lepszy.

W wersji rozbudowanej można wykonać układ zadziwiająco wiernie symulujący świecę: "zapalanie" bądź co bądź żarówki odbywać się może przy pomocy... zapałki, a gaszenie będzie polegać na... zdmuchnięciu lub zakryciu nieprzezroczystym kapturkiem.

Jak to działa?

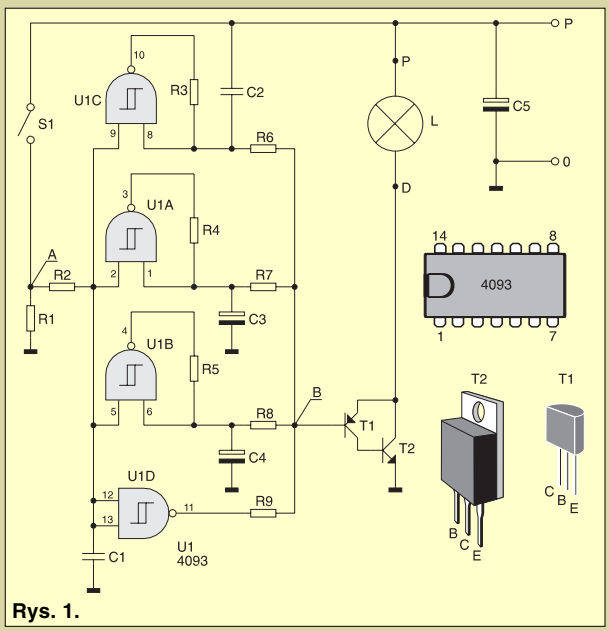
Schemat ideowy układu pokazany jest na **rysunku 1**. Jak widać źródłem światła jest żarówka. Ze względów bezpieczeństwa wykluczyliśmy zasilanie wprost z sieci 220V, zdecydowaliśmy się natomiast na użycie zasilacza lub baterii.

Cała tajemnica naśladowania płomienia świecy polega na nieregularnym modulowaniu jasności świecenia żarówki. Służą do tego trzy niezależne generatory zbudowane z użyciem bramek U1A, U1B i U1C kostki CMOS 4093. Każdy generator zawiera jedną bramkę, rezystor i kondensator. Takie proste rozwiązanie jest możliwe dzięki zastosowaniu bramek NAND z układem Schmitta. Układ nie będzie pracował ze zwykłymi bramkami NAND z popularnej kostki 4011.

Modulacją jasności żarówki sterują przebiegi napięcia na kondensatorach tych generatorów. Występują tam przebiegi podobne do trójkątnych o częstotliwościach zależnych od użytych elementów RC. Ponieważ generatory są niezależne, przebieg sterujący jasnością żarówki, będący ich sumą, zmienia się w sposób, możemy powiedzieć - przypadkowy, podobnie jak w prawdziwej świecy.

Czwarta bramka układu U1 jest wykorzystana w odmienny sposób - do jej wyjścia dołączny jest rezystor również mający wpływ na jasność świecenia żarówki. Powód stosowania takiego rozwiązania wynika z założonej elestyczności i uniwersalności układu elektronicznego.

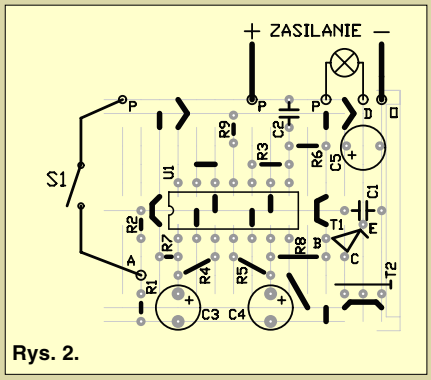
Układ wykonany według schematu z rysunku 1 w stanie spoczynku (wyłącznik S1 otwarty) praktycznie nie będzie pobierał prądu ze źródła zasilania. Kondensator C1 będzie rozładowany przez R1 i R2, to znaczy, że przynajmniej na jednym wejściu każdej bramki wystąpi stan logiczny niski. Z zasady działania bramki NAND wynika, że wymusi to stan wysoki na wyjściach wszystkich bramek. Napięcie na kondensatorach C2, C3, C4 będzie równe dodatniemu napięciu zasilającemu i takie same napięcie będzie na bazie tranzystora T1. Będzie on więc na pewno wyłączony, przez żarówkę oczywiście też nie będzie płynął żaden prąd, bo tranzystor T2 też będzie zatkany.



Rys. 1.

Zwarcie wyłącznika spowoduje naładowanie kondensatora C1 przez rezystor R2 w czasie równym około t = R2 * C1. Na połączonych wejściach bramek pojawi się stan wysoki. Ponieważ, jak powiedzieliśmy, w stanie spoczynku na kondensatorach występowało pełne dodatnie napięcie zasilające, czyli stan logiczny wysoki, więc na wyjściach wszystkich bramek pojawi się stan logiczny niski - praktycznie potencjał masy. Zapoczątkuje to proces rozładowania kondensatorów C2 - C4 przez rezystory R6 - R8. W momencie, gdy opadające napięcie na którymkolwiek kondensatorze obniży się poniżej dolnego progu odpowiedniej bramki (przypomnijmy, że jest to bramka z histerezą na wejściu - bramka Schmitta), napięcie na wyjściu gwałtownie wzrośnie, pojawi się tam stan wysoki. W tej sytuacji kondensator zacznie się ładować; napięcie na nim będzie rosnąć, aż osiągnie górny próg przełączania bramki. Wtedy napięcie na wyjściu znów spadnie do zera i cykl się powtórzy. Ponieważ każdy generator zawiera kondensator o innej pojemności, przebiegi napięcia na pojemnościach C2 - C4 będą mieć różne częstotliwości. Suma przebiegów z trzech generatorów moduluje jasność świecenia żarówki. Dla poprawnej pracy układu należy zadbać aby rezystancja rezystorów R6 - R8 była przynajmniej kilkukrotnie większa od rezystancji R3 - R5. Ponieważ okres najwolniejszego generatora będzie wynosił kilka sekund lub nawe więcej, a wypada stosować kondensatory o niewielkich wymiarach (i pojemnościach), więc rezystancje R6 - R8 będą mieć znaczną wartość. Odmienny sposób włączenia kondensatora C2 (do plusa zasilania) związany jest tylko ze względami montażowymi, równie dobrze mógłby być dołączony do masy.

Dla poprawnej pracy układu, tranzystor T1 nie może zbytnio obciążać sieci rezystorów R6 - R9. Jego prąd bazy musi być mały, rzędu kilku, kilkunastu mikroamperów. Z kolei żarówki pobierają prąd rzędu setek miliamperów lub nawet więcej. Wypadkowe wzmocnienie tranzysto-



Rys. 2.

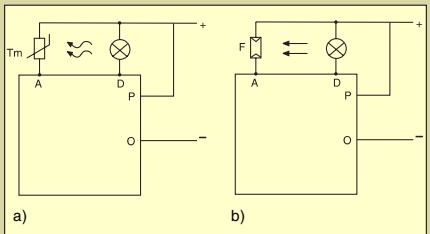
rów T1 i T2 powinno być odpowiednio duże. Tranzystor T2 musi więc być układem Darlingtona. Ponieważ w tym tranzystorze wydzieli się w postaci ciepła znaczna moc strat, powinien to być tranzystor mocy w odudowie TO-220.

Warto zauważyć, że bez rezystora R9 średnie napięcie na bazie tranzystora T1 byłoby równe mniej więcej połowie napięcia zasilającego, a napięcie na żarówce byłoby jeszcze o około 0,6V mniejsze. Nie jest to optymalny punkt pracy, dlatego dodano rezystor R9 przesuwający w stronę masy napięcie na bazie T1. Zwiększa to napięcie na żarówce i zmniejsza moc strat tranzystora T2. Jak powiedziano, dołączenie rezystora R9 do wyjścia bramki jest związane z wymaganiem, by w stanie spoczynku układ nie pobierał prądu i żarówka była wygaszona.

Kto jednak chciałby wykonać prosty symulator świeczki może nie stosować elementów R1, R2, C1 w obwodzie wejściowym, a punkt A zewrzeć bezpośrednio do plusa zasilania. Dobrze byłoby wtedy bramkę U1D wykorzystać w roli czwartego generatora (można w nim zastosować elementy C1, R1 i R2), natomiast rezystor R9 zamiast do wyjścia bramki dołączyć wprost do masy. Zwiększy to jeszcze bardziej nieregularność migotania "świecy".

Dalszą możliwością rozbudowy byłoby użycie zamiast bramek NAND negatorów z wejściem Schmitta z kostki 40106. Układ 40106 zawiera sześć negatorów, można więc wykonać sześć generatorów znacznie różniących się częstotliwościami pracy. Można też zastosować rezystory R6 - R9 o różnych wartościach.

Układ może być zasilany napięciem w szerokim zakresie 2,5...16V. W zależności od wielkości napięcia zasilającego należy zastosować odpowiednią żarówkę. Orientacyjnie można przyjąć, że napięcie nominalne żarówki powinno być takie jak napięcie zasilające układ. Wtedy rzeczywiste napięcie na żarówce będzie mniejsze, będzie więc ona świecić światłem żółtym, rzeczywiście podobnym do światła świecy.



Rys. 3.

W egzemplarzu modelowym zastosowano stabilizowany zasilacz 5-woltowy o wydajności prądowej 0,5A. Wypróbowano działanie z żarówkami 3,5V 0,3A (typowa od latarek na płaską baterię) i 6V 0,6W (z tylnej lampki rowerowej). Żarówka 3,5V daje jaśniejsze światło i umieszczona została w miniaturowej lampie naftowej, natomiast do umieszczenia w świecy lepiej nadaje się lampka 6V.

Przy współpracy z żarówką 3,5V tranzystor T2 jest mocno ciepły, ale jeszcze nie gorący, z żarówką 6V jest prawie zimny.

Montaż i uruchomienie

Jak widać na fotografii układ zmontowano na połowie płytki uniwersalnej PU-02. Ponieważ przy montażu na takiej płytce nie trudno o błędy, pomocą w montażu będzie **rysunek 2**. Autor proponuje następujący sposób: należy wykonać odbitkę ksero tego rysunku w skali 1:1 na papierze samoprzylepnym i równo przykleić na płytkę od strony elementów. Nabywcy kitu AVT-2091 otrzymają taką naklejkę w zestawie. Dla ułatwienia przed montażem można jeszcze igłą do szycia przekłuć naklejoną kartkę w miejscach, gdzie wkładane będą końcówki elementów. Montaż nie powinien wtedy sprawić żadnych trudności.

Przed przystąpieniem do montażu należy przygotować rezystory wyginając odpowiednio ich końcówki. Długie wyprowadzenia rezystorów i kondensatorów należy skrócić, a odcięte końcówki posłużą jako zwory.

W pierwszej kolejności należy wykonać wszystkie zwory, następnie wlutować podstawkę, rezystory, kondensatory i tranzystory. Należy zwrócić szczególną uwagę na biegunowość kondensatorów elektrolitycznych - końcówka ujemna - minus - jest zaznaczona na obudowie. Po dokładnym sprawdzeniu układu na zgodność ze schematami ideowym i montażowym można włożyć układ scalony zgodnie z wycięciem-kluczem w jego obudowie, podłączyć żarówkę i podać napięcie zasilające.

Do zasilania można użyć jednego z zasilaczy z oferty AVT np. Z2 (ZS 5V/500mA) lub Z1 (ZS 5V/300mA). Można oczywiście także zasilać układ z baterii płaskiej 4,5V lub czterech ogniw 1,5V.

Bezbłędnie zmontowany układ nie wymaga uruchamiania - od razu pracuje poprawnie.

Zmontowaną płytkę można umieścić w jakiejkolwiek obudowie. Jedynie przy zastosowaniu żarówki o większej mocy należy pamiętać o chłodzeniu tranzystora T2 - trzeba zastosować radiator i obudowę z otworami, żeby w czasie pracy temperatura radiatora nie przekroczyła +100°C. Standardowo przewidziano żarówkę 6V 0,6W, wchodzi ona w skład zestawu; wtedy nie potrzeba żadnego radiatora.

Na fotografiach pokazano żarówkę wmontowaną w świeczkę oraz w miniaturową lampę naftową. Inne rozwiązania pozostawiamy inwencji Czytelników.

Model pokazany na fotografiach jest wersją najprostszą - wyłącznik S1 jest zastąpiony zworą. Czytelnicy mogą jednak przeprowadzić samodzielnie dalsze eksperymenty i wzbogacić "świeczkę" w nowe zadziwiające funkcje.

Inne wersje układu

Wszyscy Czytelnicy mający "żyłkę eksperymentatora" mogą przeprowadzić próby wyposażenia układu w obwód sprzężenia zwrotnego.

Widać tu przynajmniej dwie możliwości: zastosowanie termistora albo fotoelementu (fotodiody, fotorezystora lub fototranzystora). Taki dodatkowy element należy włączyć w miejsce wyłacznika S1 i umieścić blisko żarówki. Układ został przewidziany do takiego

c. d. na stronie 48

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R3, R4, R5: 220kW
R2, R6-R9: 1MW

Kondensatory

C1: 330 nF
C2: 470nF
C3: 10µF/16V
C4, C5: 22µF/16V

Półprzewodniki

T1: BC558B lub C (BC559B lub C)
T2: darlington NPN np. krajowy BD643
U1: CMOS 4093

Inne

L: żarówka 6V 0,6W
* płytka PU-02
* przewód dwużyłowy
* obudowa
* naklejka z rysunkiem montażowym

Uwaga! Zasilacz ZS 5V/500mA nie wchodzi w skład zestawu AVT-2091, należy go zamówić oddzielnie.

zadania, do wykonania połączeń wystarczy przewód trzyżyłowy. Ideę pokazuje **rysunek 3a i 3b**.

W przypadku termistora NTC chodzi o sprzężenie termiczne: w stanie zimnym rezystancja termistora jest duża i w punkcie A utrzymuje się napięcie niższe od dolnego progu przełaczania bramek (mniej niż 0,3 x Uzas). Wtedy układ będzie wyłączony. Aby go włączyć należy zbliżyć do termistora... zapaloną zapałkę. Pod wpływem temperatury rezystancja termistora zmniejszy się i napięcie w punkcie A wzrośnie powyżej górnego progu przełączania - żarówka się zaświeci. Ciepło żarówki utrzyma termistor w stanie nagrzanym i układ będzie trwale włączony. Aby go wyłączyć należy... zdmuchnąć naszą "świeczkę", czyli po prostu dmuchaniem ochłodzić termistor, aby napięcie w punkcie A spadło poniżej dolnego progu przełączania bramek. Zastosowany termistor powinien mieć możliwie dużą rezystancję, najlepiej rzędu kiloomów. W takiej wersji termistor powinien być umieszczony blisko żarówki lub nawet z nią połączony. Należy to dobrać eksperymentalnie. Uzyskanie niezawodnego działania może wcale nie być łatwe, bowiem w grę wchodzi kilka zmiennych czynników. Przede wszystkim nie ma szans uzyskania takiego efektu z małą żarówką 6V 0,6W, bowiem wydziela ona za mało ciepła. Do takich eksperymentów należy zastosować żarówkę o większej mocy nie zapominając o radiatorze dla tranzystora T2.

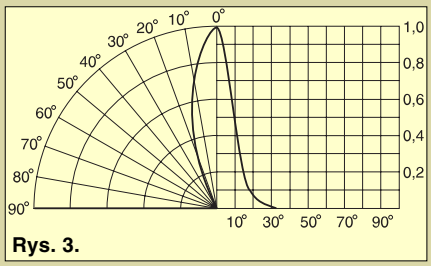
Innym sposobem będzie użycie fotoelementu. Podobnie jak przy termistorze tak należy dobrać rezystancję R1, aby w stanie spoczynku napięcie w punkcie A było mniejsze od dolnego progu przełączania bramek. Po zbliżeniu zapalonej żarówki, przez fotoelement popłynie prąd, co zwiększy napięcie w punkcie A. Po zapaleniu żarówki jej światło oświetli czujnik podtrzymując przepływ prądu. "Świeca" będzie się świecić do momentu zakrycia żarówki nieprzezroczystym kapturkiem, czyli do przerwania strumienia świetlnego między żarówką a fotoelementem. Do takiego rozwiązania przewidziano elementy uśredniające R2,C1 zapobiegające przypadkowemu wyłączeniu układu na skutek wahań jasności "świecy". Być może konieczne okaże się w takim przypadku zastąpienie kondensatora C1 "elektrolitem" o pojemności 4,7...10µF. Również w tym przypadku należy przeprowadzić szereg eksperymentów, choćby po to, żeby zbadać i wyeliminować wpływ oświetlenia zewnętrznego. Może dobrym pomysłem byłoby użycie fotodiod na podczerwień?

Jesteśmy przekonani, że nasi Czytelnicy samodzielnie poradzą sobie z przedstawionymi zadaniami.

Piotr Górecki

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2091

c. d. ze strony 45



Rys. 3.

jest oficjalnie reprezentowana na naszym rynku, występuje także wiele innych ultrajasnych diod, przykładowo pomarańczowa HLMA-BL00 o światłości typowo 8400mcd i kącie świecenia 3 stopnie, czy czerwona HLMP-8150 o światłości 15000mcd i kącie 4 stopnie. Ich cena wynosi jednak kilkanaście do ponad dwudziestu dolarów.

Z oferty obecnego na naszym rynku Telefunkena można polecić czerwone diody o oznaczeniu TLDR5100 lub 5101 o światłości odpowiednio 750 i 1000mcd przy prądzie 20mA.

Wyjaśnienia wymaga jeszcze brak rezystora ograniczającego prąd.

W typowych zastosowaniach diod świecących zawsze stosuje się włączony szeregowo rezystor. Młodszym Czytelnikom przypominamy, że na świecącej diodzie występuje napięcie rzędu 2V (diody czerwone typowo 1,6...1,8V, żółte i zielone 2,0...2,2V, niebieskie 2,5...3V) i zmienia się ono niewiele przy wzroście lub zmniejszeniu prądu. To znaczy, że diody świecące mają zupełnie inne właściwości niż żarówki - w odróżnieniu od żarówek, nie spotkamy diod świecących na różne napięcia pracy (ale i tu są wyjątki: diody z wbudowanym rezystorem i diody migające, zawierające cały układ scalony). Jeśli typową diodę świecącą dołączy się bezpośrednio do źródła prądu o dużej wydajności - np. akumulatora ołowiowego - to na pewno ulegnie ona uszkodzeniu wskutek przepływu wielkiego prądu. Zwykłe diody świecące muszą więc pracować w obwodzie, gdzie prąd jest ograniczony do bezpiecznej wartości. W naszej latarce nie stosujemy rezystora ograniczającego, jego rolę pełni rezystancja wewnętrzna baterii.

Dlatego nie można zasilać diody LED wprost z dwóch połączonych szeregowo "paluszków" R6 (LR6) czy nawet "mniejszych paluszków" LR03, z uwagi na ich mały opór wewnętrzny. Jeśli latarka miałaby być zasilana z takich baterii, koniecznie należy zastosować włączony szeregowo rezystor ograniczający o wartości około 22W (15...33W).

Jednak w naszej latarce używane będą ogniwa litowe, których napięcie wynosi 2,7...3,6V zależnie od producenta i stosowanej technologii.

Należy tu także dodać, że na przykład ogniwa litowe firmy VARTA są przeznaczone do poboru bardzo małych prądów - mają one większą rezystancję wewnętrzną i zapewne nie będą się nadawać do naszej latarki. Autor wypróbował natomiast i może polecić stosowanie ogniw firm Panasonic i Maxell. Użyte w modelu świeże ogniwo Panasonic CR2016 daje prąd żółtej diody około 40mA. Przy diodzie czerwonej - około 50mA. Jest to prąd większy niż zalecany w katalogu, jednak nasza latarka będzie używana sporadycznie i włączana na krótki okres czasu, więc nie powinno to stanowić większego problemu.

Przy użyciu świeżych ogniw Maxell CR2025 prąd wyniósł 50mA, a przy CR2032 - 60mA. A więc i w tej sytuacji od biedy można dopuścić brak rezystora ograniczającego - przecież w miarę zużycia baterii prąd będzie się zmniejszał. Można też dla bezpieczeństwa dodać kilkuomowy rezystor.

Różnica wymiarów i różnica ceny między wymienionymi tu typami baterii jest niewielka, natomiast różnica pojemności elektrycznej - bardzo znaczna: przykładowo ogniwo CR2016 pewnej firmy ma pojemność 80mAh. a CR2032 - 220mAh.

W zastosowaniu tak prądożernym jak latarka, użyteczne pojemności będą oczywiście mniejsze, ale i tak należy się spodziewać, że z tak małej baterii jak CR2016 będzie ona świecić przy pracy przerywanej w sumie około godziny, a przy większych bateriach odpowiednio więcej.

Piotr Górecki

WYKAZ ELEMENTÓW

Półprzewodniki

dioda świecąca: L-53SGC/A Kingbright lub HLMP-3950 Hewlett Packard

Różne

laminat jednostronnie miedziowany: ok. 40 x 50mm

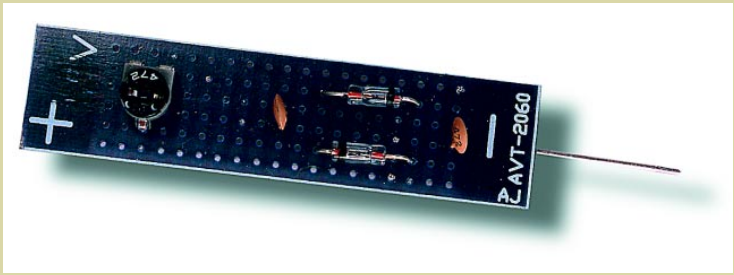
obudowa KM-15N kpl.

srebrzanka

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2090

Sonda w.cz.

kit AVT-2065



Do czego to służy?

Sonda w.cz. służy do stwierdzenia obecności sygnału wysokiej częstotliwości oraz oszacowania jego amplitudy. Napisaliśmy oszacowania, ponieważ nawet pomiary sygnałów w.cz. sondami fabrycznymi czy przyrządami profesjonalnymi w większym lub mniejszym stopniu obarczone są różnymi błędami (im wyższa częstotliwość tym mniejsza dokładność). W warunkach amatorskich do orientacyjnych pomiarów napięć w.cz. proponujemy do posiadanego miernika uniwersalnego (analogowego bądź cyfrowego, a nawet mikroamperomierza) dobudowanie bardzo prostej sondy w.cz.

Jak to działa?

Schemat elektryczny sony w.cz. pracującej w układzie podwajacza napięcia przedatawiono na **rysunku 1**. Zakres mierzonych napięć wynosi od około 10mV do 10V przy częstotliwości 10kHz do około 100MHz.

Podwajające działanie układu można wytłumaczyć następująco. Ujemne półokresy mierzonego napięcia w.cz. poprzez diodę D1 ładują kondensator C1 do wartości szczytowej. Podczas następnego (dodatniego) półokresu napięcia kondensator C2 zostaje naładowany poprzez diodę D2 napięciem podwyższonym o wartość napięcia na naładowanym kondensatorze C1 czyli do wartości w przybliżeniu równej podwójnej wartości szczytowej mierzonego napięcia (2Um). Czułość układu zależy od użytych diod oraz w większym stopniu od zastosowanego miernika. W sondzie modelowej użyto diod AAP 152 (łatwo dostępne) ale do tego celu są produkowane specjalne diody np. DG507 (prod rosyjskiej, stosowane między innymi w sondach fabrycznych typu P225).

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowano na małej płytce uniwersalnej według **rysunku 2**.

Ze względów bezpieczeństwa kondensator C1 zaleca się zastosować na największe napięcie przebicia. Układ modelowy był zmontowany z myślą o testowaniu urządzeń tranzystorowych małej mocy i z tego względu zastosowano kondensator na napięcie 63V.

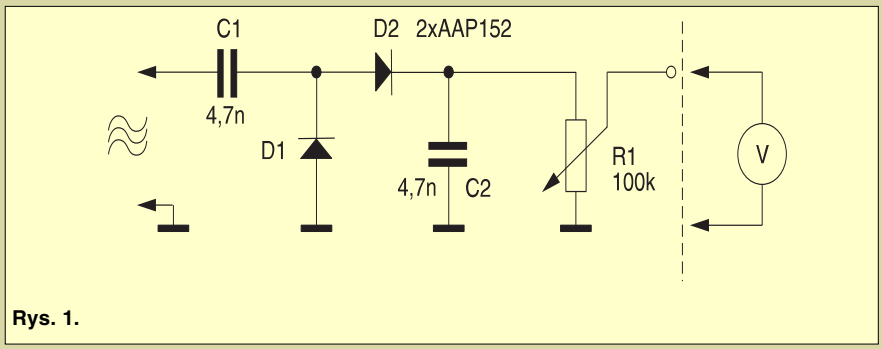
Jako obudowę sondy można wykorzystać dowolną rurkę matalową (chodzi o zaekranowanie układu przed wpływem np. ręki) o średnicy nieco większej od płytki drukowanej. Układ można również zmontować od razu bez płytki drukowanej (sposobem przestrzennym) w wygospodarowne miejsce wtyku DIN (po zsunięciu osłony). Grot sondy można wykonać np. z igły krawieckiej. Do podłączenia sondy należy również wyprowadzić dwa różnobarwne przewody (np.- biały, + czerwony) zakończone wtyczkami laboratoryjnymi.

Sprawdzenie i kalibrację sondy można przeprowadzić poprzez porównanie jest wskazanie z miernikiem wzorcowym. Oczywiście, trzeba dysponować źródłem sygnału w.cz. o regulowanej amplitiudzie. Na początku suwak potencjometru skręcamy na maksimum a następnie ustawiamy go tak aby na maksymalnym zakresie przyrządu uzyskać okrągłą wartość napięcia wejściowego (jest to kalibracja miernika). Podczas testowania sondy modelowej z popularnym multimetrem analogowym UM200 uzyskano następujące wartości wskazań w zależności od napięcia wejściowego: na zakresie 60uV DC- 500mV w.cz i kolejno 3V- 2V, 15V- 7V, 30V- 12V. Wskazane jest wykonanie nomogramu ułatwiającego pomiar na niższych podzakresach (skala nie jest liniowa). Jako umiernik wzorcowy można wykorzystać z mniejszą dokładnością- oscyloskop.

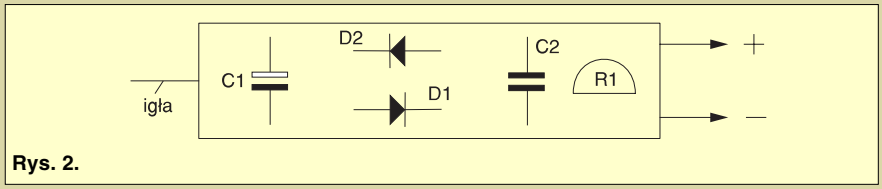
Jeżeli nie będziemy mieli żadnych możliwości sprawdzenia i kalibracji sondy to również ta sonda będzie przydatna jako wskaźnik w.cz.

Ze względu na obciążający wpływ sondy na sprawdzany, a tym bardziej strojony układ, zaleca się sondę podłączać do odczepu obwodu LC lub do uzwojenia sprzęgającego. Jeżeli nie będzie takiej możliwości to w szereg z sondą można podłączyć kondensator o niewielkiej pojemności - rzędu 10pF.

Andrzej Janeczek



Rys. 1.



Rys. 2.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 4,7...100kW

Kondensatory

C1, C2: 4,7nF

Półprzewodniki

D1, D2: AAP152

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2065

Sonda TTL

kit AVT-2064

Do czego to służy?

Sondy TTL lub próbniki stanów logicznych są nieodzownymi przyrządami przy wszelkich naprawach, testowaniu bądź uruchamianiu nowo skonstruowanego układu logicznego. Wszędzie tam gdzie chodzi tylko o określenie stanu logicznego wysokiego czyli "1" i niskiego (odpowiednio "0") można wykorzystać najprostszy próbnik składający się z dwóch diod świecących, których zaświecenie będzie wskazywało aktualnie występujący poziom napięcia.

Jak to działa?

Schemat elektryczny prostego układu Sondy TTL przedstawiono na **rysunku 1**.

Wysoki poziom logiczny (2,5...5V) podany na wejście układu powoduje spolaryzowanie w kierunku przewodzenia bazy tranzystora T1 i przejście złącza K-E w stan nasycenia czyli dołączenie dwójnika R1 D1 do +5V i w konsekwencji zaświecenie diody D1 (LED koloru czerwonego). Dioda zaczyna świecić już przy napięciu około 2,5V. Pobór prądu przez układ wejściowy dla tego poziomu wynosi około 60mA.

Niski poziom logiczny (0...1,5V) doprowadzony do wejścia układu powoduje tym razem zablokowanie tranzystora T1 - spolaryzowanie w kierunku przewodzenia bazy tranzystora T2 (przejście złącza K-E w stan nasycenia) czyli dołączenie dwójnika R2 D2 do masy i w konsekwencji zaświecenie diody D2 (LED koloru zielonego). Próg zadziałania tranzystora T2 ustalony jest poprzez napięcie odniesienia dwóch diod D3 D4 włączonych szeregowo w obwód bazy tranzystora T2. Sumaryczna warość napięcia odniesienia wynosi około 2,8V (0,7V + 2,1V). Dioda D2 zaczyna świecić przy 0V i przestaje świecić już przy napięciu około +1,5V. Pobór prądu przez układ wejściowy dla tego poziomu wynosi około 30mA.

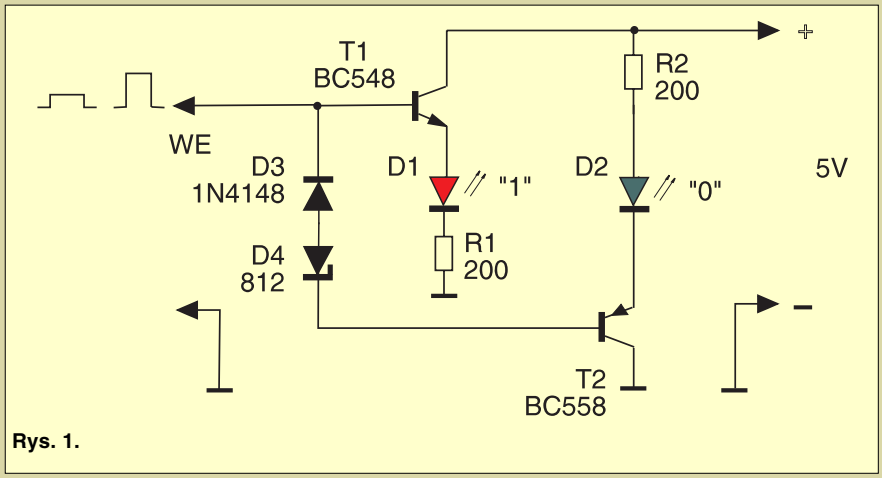
Napięcie 5V potrzebne do prawidłowej pracy sondy może stanowić napięcie zasilające sprawdzanego układu TTL (pobór prądu przez sondę praktycznie do pominięcia). Przy zailaniu z osobnego źródła napięcia należy nie zapomnieć o połączeniu masy sondy z masą sprawdzanego układu.

Montaż i uruchomienie

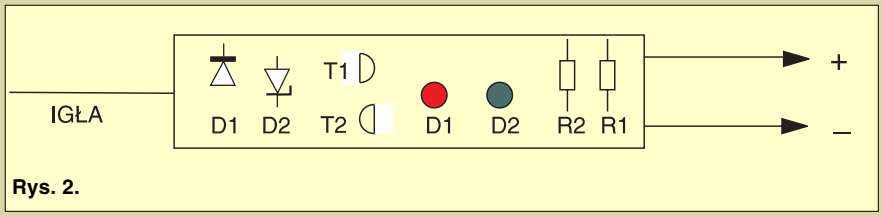
Układ zmontowano na małej płytce uniwersalnej według **rysunku 2**.

Jako obudowę sondy można wykorzystać strzykawkę o większej pojemności bądź obudowę po zużytym flamastrze o odpowiedniej średnicy. Układ można również zmontować od razu w przygotowanej osłonie np. w postaci małego pudełka plastikowego bez użycia płytki drukowanej (sposobem przestrzennym). W każdym razie jako grot sondy należy przylutować odcinek sztywmego drutu zaostrzonego na końcu. Doskonałym grotem może być gruba igła krawiecka, która nie przedstawia trudności z przylutowaniem, a jej ostrze zapewnia doskonały kontakt z punktem pomiarowym. Do podłączenia sondy należy również wyprowadzić dwa różnobarwne przewody (np.- biały, + czerwony) zakończone zaciskami krokodylkowymi lub w ostateczności bez żadnych końcówek (do podłączenia trzeba używać lutownicy).

Andrzej Janeczek



Rys. 1.



Rys. 2.

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2064

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2: 150...220W

Półprzewodniki

T1: BC548 lub inny tranzystor npn
T2: BC558 lub inny tranzystor pnp
D1: LED koloru czerwonego
D2: LED koloru zielonego
D3: 1N4148 lub inna krzemowa
D4: D812 lub inna o napięciu ok 2,1V ew. 3 x 1N4148 połączone w szereg

Przetwornica napięcia DC 1,5/12V

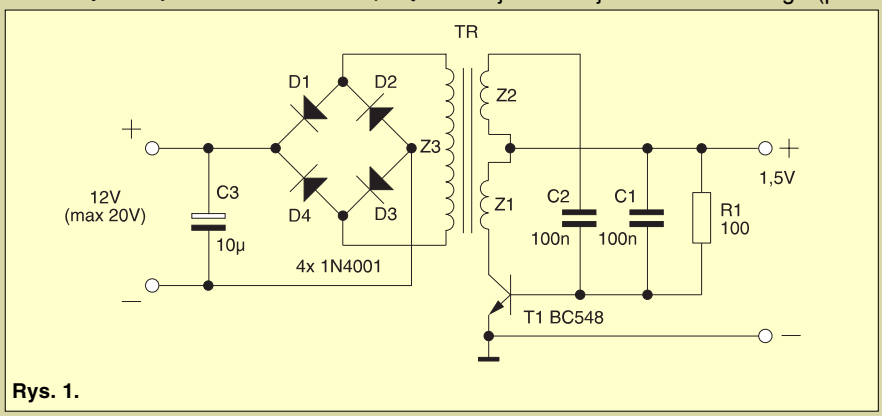
Do czego to służy?

Opisana poniżej przetwornica napięcia jest urządzeniem służącym do zmiany wartości napięcia z 1,5V na około 12V. Ze względu na niewielką moc układ taki może być wykorzystany np. do zasilania układu strojenia z diodą pojemnościową (tak zwanym warikapem) czy do multimetru (omomierza).

Jak to działa?

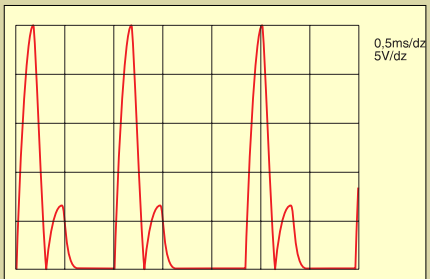
Schemat elektryczny układu przedstawiono na **rysunku 1**. Pomimo swej prostoty urządzenie to podobnie jak większość innych przetwornic składa się z dwóch zasadniczych układów: generatora samowzbudnego i prostownika.

Generator pracuje z zastosowaniem tylko jednego tranzystora w układzie Hartle'ya. Baza tranzystora jest spolaryzowana za pośrednictwem rezystora R1. Zasadniczym elementem podtrzymującym drgania elektryczne w układzie, czyli zapewniającym dodatnie sprzężenie zwrotne jest transformator z dzielonym uzwojeniem pierwotnym. W obwodzie kolektorowym pracuje uzwojenie Z1, zaś w obwodzie bazy uzwojenie Z2. Na skutek sprzężenia magnetycznego między uzwojeniami Z1 i Z2 oraz dzięki kondensatorowi C2 w uzwojeniu pierwotnym wytwarzają się drgania elektryczne które następnie indukują w uzwojeniu wtórnym napięcie zmienne. Częstotliwość drgań w zdecydowany sposób zależy od sumy indukcyjności uzwojeń Z1 i Z2 oraz od wartości pojemności C1 i C2. W układzie modelowym częstotliwosc drgań wynosiła około 4kHz.



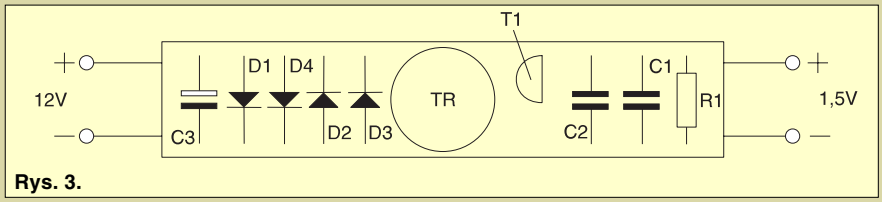
Rys. 1.

Wartość indukowanego napięcia w uzwojeniu wtórnym zależy od liczby zwojów uzwojenia. Ze względu na większą liczbę zwojów tego uzwojenia od liczby zwojów uzwojenia kolektorowego (przekładnia podwyższająca 1:10) w uzwojeniu tym indukuje się napięcie około dziesięciokrotnie wyższe od napięcia zasilającego.



Rys. 2.

Prostownik pełnookresowy składający się z diod D1...D4 pracuje w układzie mostkowym i służy do zamiany napięcia zmiennego na napięcie stałe. Kondensator C3 służy do wygładzenia tętnień napięcia. Kształt napięcia na uzwojeniu wtórnym przedstawiono na **rysunku 2**.



Rys. 3.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowano na uniwersalnej płytce drukowanej według **rysunku 3**. Transformator TR nawinięto na ferrytowym rdzeniu kubkowym o średnicy około 16mm i liczbie Al=2100 (można użyć rdzeni o innej wartości Al z zakresu 1500...4500). Od wartości liczby Al zastosowanego materiału magnetycznego zależy indukcyjność nawiniętego uzwojenia. Uzwojenia układu modelowego nawinięto cienkim drutem typu DNE 0,05 (drut miedziany o średnicy 0,05mm w izolacji emaliowej) na plastikowej szpulce, która znajduje się wewnątrz kubków ferrytowych; w następującej kolejności: Z1 - 70 zwojów, Z2 - 20 zwojów, Z3 - 700 zwojów

Uruchomienie układu sprowadza się do sprawdzenia pracy generatora przetwornicy (można do rdzenia zbliżyć ucho - powinno się usłyszeć ciche piszczenie rdzenia) a następnie skontrolowania napięcia na wyjściu urządzenia. W zasadzie można ograniczyć się do podłączenia woltomierza do wyjścia układu, bowiem napięcie wyjściowe jest następstwem poprawnej pracy generatora. Jeżeli pomimo sprawnych elementów przetwornica nie pracuje - należy spróbować zmienić kierunek włączenia końców uzwojenia Z1 lub Z2.

Andrzej Janeczek

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2065

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory
R1: 100W

Kondensatory
C1, C2: 100nF
C3: 10µF

Półprzewodniki
T1: BC 548
D1, D2, D3, D4: 1N4001

Inne
Tr-opis w tekście

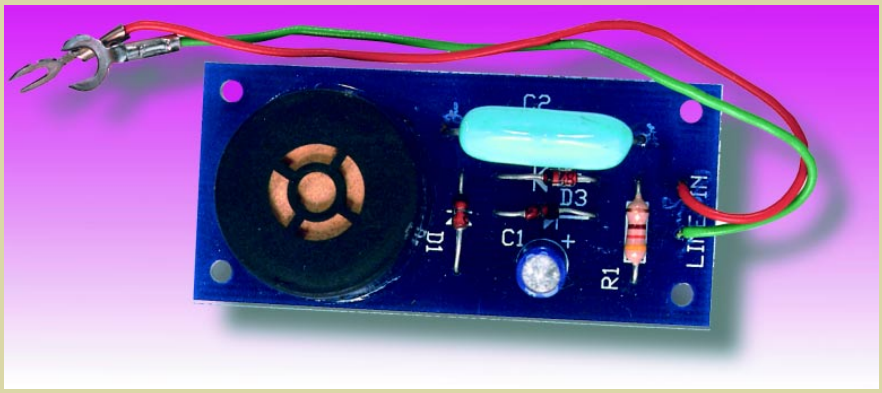
Sygnalizator do telefonu

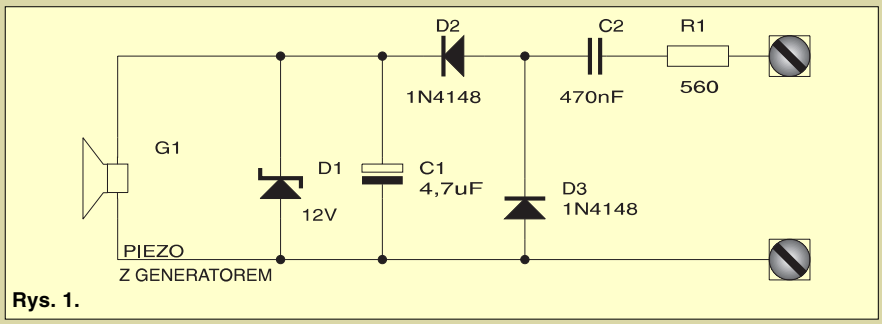
kit AVT-2008

Do czego to służy?

Ostry, przenikliwy dźwięk dzwonka telefonicznego nie dziala najlepiej na nasze nerwy nawet wtedy, kiedy oczekujemy na telefon od Tej Jednej Jedynej. Nowsze typy aparatów telefonicznych z zasady wyposażane są w sygnalizatory o miłym dla ucha brzmieniu. Co jednak zrobić z aparatami starszego typu, niejednokrotnie całkowicie sprawnymi i w miare nowoczesnymi?

Proponujemy wykonanie wyspecjalizowanego sygnalizatora zastępującego klasyczny dzwonek telefonu. W zależności od upodobania układ może być wbudowany do wnętrza aparatu telefonicznego lub dołączony do linii telefonicznej.

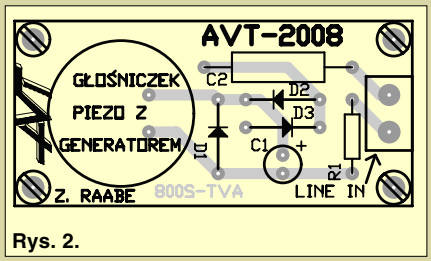




Rys. 1.

Jak to działa?

W linii telefonicznej w stanie gotowości do pracy panuje stale napięcie ok. 60VDC. Po podniesieniu słuchawki napięcie spada do ok.12V (w zależności od typu aparatu i centrali telefonicznej). Natomiast sygnał dzwonienia jest po prostu ciągiem impulsów prostokątnych o amplitudzie 60V i częstotliwości ok. 10Hz. Na **rys. 1**.widzimy schemat proponowanego, ulepszonego rozwiązania sygnalizatora akustycznego do aparatu telefonicznego. Diody D2 i D3 pełnią w układzie funkcje prostownika przetwarzającego napiecie zmienne sygnału dzwonienia na potrzebne do zasilania sygnalizatora napiecie stałe. Kondensator C1 częściowo wygładza to napięcie, tak że w rezultacie sygnalizatorek zasilany jest napięciem pulsującym powodującym płytką modulację generowanego tonu. Otrzymany efekt akustyczny trudno opisać: jest to jakby miłe dla ucha "świergotanie".



Rys. 2.

Montaż i uruchomienie

Na **rys. 2** pokazano mozaikę ścieżek płytki drukowanej i rozmieszczenie elementów. Montażu dokonujemy według ogólnie znanych zasad budowania urządzeń elektronicznych, szczególną uwagę zwracając na biegunowość diod i kondensatora elektrolitycznego. Głośniczek piezo możemy zamontować na dwa sposoby:

1. Przylutowujemy przewody zasilające do płytki a sam głośniczek montujemy w dogodnym miejscu wewnątrz aparatu telefonicznego,

2. Przewody zasilające głośniczek skracamy do minimum i obudowę piezo przyklejamy klejem SuperGlue do płytki.

Drugi sposób zalecany jest w przypadku umiejscowienia sygnalizatora poza paratem telefonicznym.

Po zmontowaniu układ natychmiast działa poprawnie i nie wymaga żadnych czynności uruchomieniowych.

Omówienia wymaga jeszcze zamontowanie sygnalizatora w aparacie telefonicznym. Najlepszą metodą będzie usunięcie z wnętrza aparatu dzwonka i zamontowanie na jego miejsce naszego sygnalizatora. Czynność ta nie przysporzy nam kłopotu ponieważ dzwonek dołaczony był do układu aparatu za pośrednictwem złączy śrubowych. Po odłączeniu go, przewody zasilające sygnalizator przykręcamy w to samo miejsce, do którego dochodziły przewody dzwonka. Biegunowość zasilania nie ma w tym przypadku najmniejszego znaczenia.

Zbigniew Raabe

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2008

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 560W

Kondensatory

C1: 4,7mF/16V

C2: 470nF

Półprzewodniki

D1: dioda Zenera 12V

D2, D3: 1N4148 lub odpowiednik

Pozostałe

G1: głośniczek piezo z generatorem

Prosty sygnalizator

kit AVT-2092

Do czego to służy?

Proponowany sygnalizator znajdzie zastosowanie do nadzorowania różnych obiektów i urządzeń. Autor wykonał taki sygnalizator dla monitorowania drzwi wejściowych w budynku kilkurodzinnym. Okazało się, że zimą dzieci, a nawet nieuważni dorośli nazbyt często pozostawiają te drzwie otwarte. Aby zapobiec wyziębianiu budynku trzeba było zastosować jakieś urządzenie sygnalizujące fakt pozostawienia otwartych drzwi. Urządzenie to nie powinno reagować na normalne otwieranie drzwi, powinno zadziałać gdy pozostają otwarte przez dłuższy czas. W roli czujnika wykorzystano zainstalowany wcześniej styk kontaktronowy. Rurka kontaktronu została umieszczona w wycięciu wykonanym w futrynie, a magnes umieszczono w drzwiach. Gdy drzwi są zamknięte, magnes zbliżony jest do kontaktronu i jego styki są wtedy zwarte. Otwarcie drzwi powoduje rozwarcie styków.

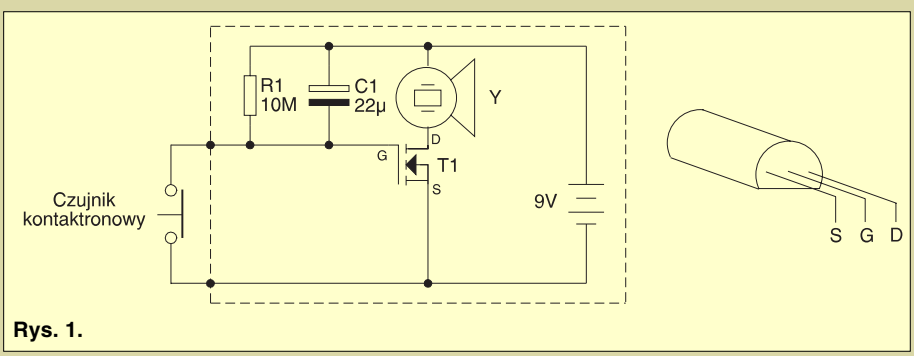
Jak to działa?

Schemat sygnalizatora pokazano na **rysunku 1**. Układ przewidziany jest do zasilania napięciem w granicach 6...12V.

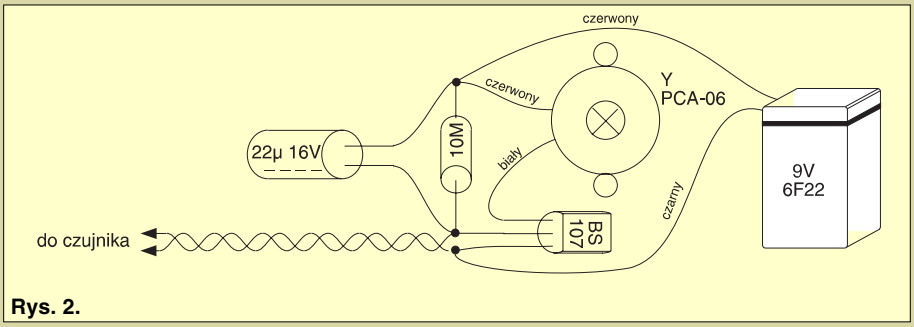
Gdy styk kontaktronu jest zwarty, kondensator C1 jest naładowany do pełnego napięcia baterii, a przez rezystor R1 płynie prąd o pomijalnie małej wartości około 1 mikroampera. Napięcie na bramce tranzystora polowego T1 wynosi 0V, czyli jest równe potencjałowi masy. Po otwarciu styku kontaktronu kondensator C1 zacznie się rozładowywać przez rezystor R1. Napięcie na bramce tranzystora T1 będzie wzrastać. Po przekroczeniu napięcia progowego bramki, tranzystor zacznie przewodzić i przy dalszym wzroście napięcia bramki otworzy się całkowicie. Uruchomi to brzęczyk piezo z wbudowanym generatorem.

Zamknięcie styku kontaktronu natychmiast wyłączy alarm.

W modelu zastosowano tranzystor małej mocy w obudowie TO-92 o oznaczeniu BS107. Jego napięcie progowe może wynosić 0,8...2V, a rezystancja w stanie pełnego otwarcia wynosi kilkanaście omów. Bez problemu można zastosować praktycznie każdy mosfet n, na przykład mały BS170, a nawet mosfet mocy taki jak BUZ10, BUZ11, BUZ74.



Rys. 1.



Rys. 2.

Montaż i uruchomienie

W modelu sygnalizator piezo został umocowany do obudowy za pomocą dwóch wkrętów M2. Wkręty te utrzymują także oczka lutownicze będące bazą całej konstrukcji. Pomocą w montażu będzie **rysunek 2**. Układ może być zmontowany w każdy inny sposób, na przykład na kawałku płytki uniwersalnej, byle zgodnie ze schematem ideowym.

Przy montażu należy zwrócić uwagę na właściwą biegunowość kondensatora elektrolitycznego (elektroda ujemna jest krótsza i jest zaznaczona na obudowie kondensatora) oraz właściwe połączenie sygnalizatora i złączki baterii (przewód czerwony: plus) i tranzystora.

Właściwie zmontowany układ nie wymaga uruchomienia.

Po rozwarciu "czujnika", z opóźnieniem wynikającym ze stałej czasowej R1C1 powinien pojawić się sygnał alarmowy.

Piotr Górecki

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2092

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 10MW

Kondensatory

C1: 22µF/16V

Półprzewodniki

T: BS107 lub BS170

Różne

Y: sygnalizator piezo PCA-06
złączka baterii
obudowa np. KM-35B
przewód połączeniowy

KONDENSATORY część 1

Ostatnio zajmowaliśmy się rezystorami, dziś porozmawiamy o kondensatorach.

Czy pamiętasz stare, czarno-białe telewizory jak choćby Belweder, Koral, Tosca czy Wisła? Czy zdarzyło ci się może spotkać w nich rozwijające się kondensatory?

Młodszym czytelnikom trzeba wyjaśnić, że w tamtych zamierzchłych czasach królowały kondensatory w postaci zwiniętej wstęgi folii aluminiowej i impregnowanego papieru, klejone czymś podobnym z wyglądu do krochmalu. Stąd zresztą nazywane były potocznie kartoflakami. Te majstersztyki ówczesnego przemysłu elektrotechnicznego oprócz cech właściwych kondensatorom miały przedziwną skłonność do stopniowego rozwijania się. Najprostszą formą "naprawy" było obcinanie odwiniętych zwojów, żeby metalowa folia nie spowodowała zwarcia. Cała sprawa jest tym bardziej intrygująca, ponieważ znana była opinia, iż jeśli w starym, czarnobiałym "ruskim" telewizorze zaczynają rozwijać się kondensatory, to zaczyna on lepiej odbierać. Z czasem jednak zaprzestano produkcji takich "kartoflaków" i niestety od tej pory nikt nie wiedział już co zrobić, żeby poprawić odbiór w starych radzieckich telewizorach.

Tyle anegdoty wystarczy. Nie będę ci opowiadał zabawnych perypetii z wyschniętymi elektrolitami, masz się przecież dziś w końcu czegoś konkretnego nauczyć.

Jeśli wkładano ci do głowy mądre rozważania o wyższości kondensatorów próżniowych nad powietrznymi, olejowych nad suchymi czy mikowych nad papierowymi, spróbuj o tym wszystkim szybko i skutecznie... zapomnieć.

Ja też chodziłem do szkoły; na zajęciach z materiałoznawstwa i podzespołów uczono mnie mądrych klasyfikacji, potem okazało się, że prawie wszystkie wiadomości są delikatnie mówiąc nieświeże i nieprzydatne w praktyce.

Dziś kondensatorów papierowych, mikowych, szklanych, olejowych w typowym sprzęcie nie spotkasz. Masz natomiast do dyspozycji trzy główne grupy kondensatorów:

- elektrolityczne
- ceramiczne
- z tworzyw sztucznych.

Na początek zajmiesz się pierwszą grupą.

Kondensatory elektrolityczne

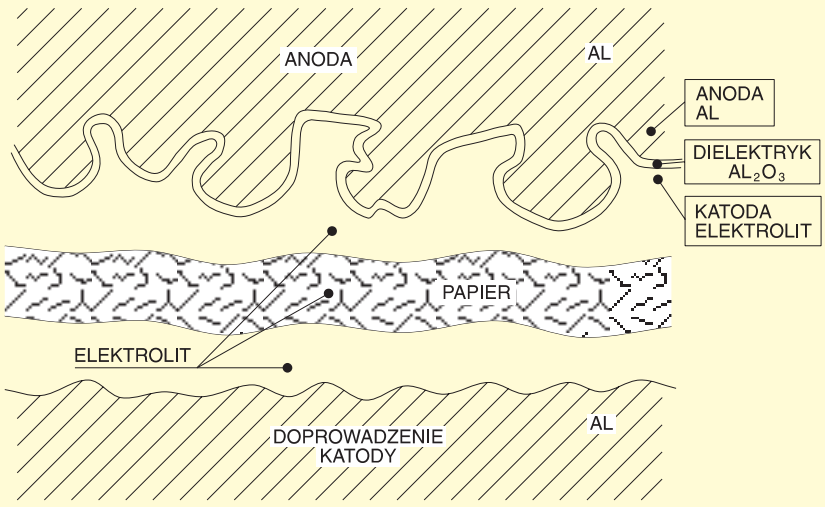
Przyznam ci się, że choć ze wspomnianych przedmiotów miałem oceny bardzo dobre, bardzo długo nie rozumiałem jak naprawdę zbudowane są i działają kondensatory elektrolityczne. Dopiero lektura oryginalnych katalogów firmowych rozjaśniła mi obraz całej sprawy. Śmiem więc przypuszczać, iż ty też możesz mieć podobne kłopoty, pozwól więc że opowiem ci trochę o budowie kondensatorów. Nie jest to jakaś sucha teoria, szybko przekonasz się o praktycznej przydatności takiej wiedzy. Nie będzie to także suchy wykład, ponieważ zaczniesz od rozebrania kilku mokrych "elektrolitów". Serdecznie cię zachęcam, żebyś rzeczywiście przeprowadził zalecane eksperymenty, a nie tylko poprzestał na przeczytaniu tego artykułu. Jedna taka lekcja praktyczna prawdopodobnie da ci więcej niż teoria wykładana w szkolprzez pół roku.

Zebrałem dla ciebie w zwięzłej postaci podstawowe wiadomości o dostępnych kondensatorach i ich parametrach, ale stosowne ramki podam ci w jednym z następnych odcinków. A tymczasem opowiem ci o popularnych "elektrolitach".

Kondensatory elektrolityczne aluminiowe

Dawno już niczego nie zepsułeś, więc możesz na dobry początek rozebrać kilka typowych "elektrolitów", ale pod warunkiem, że zachowasz ostrożność, nie skaleczysz się przy otwieraniu obudowy i nie poplamisz rąk ani otoczenia elektrolitem. W zasadzie elektrolit nie powinien być żrący ani trujący, ale w nowszych kondensatorach mogą występować "wynalazki" o nie wiadomych właściwościach. Na wszelki wypadek na czas rozwijania zwijki załóż gumowe rękawice.

Jeśli już oddzieliłeś wilgotny papier, przyjrzyj się dokładnie obu aluminiowym elektrodom. Czy mają jednakowy wygląd? W małych kondensatorach zapewne wyglądają tak samo. Jednak w starszych krajowych elektrolitach o większych wymiarach folia dodatnia - anoda jest bardziej matowa i szara niż folia ujemna. Jak zauważyłeś folia anodowa za-



Rys. 1 Przekrój kondensatora aluminiowego mokrego

wsze jest matowa. Pod mikroskopem okazuje się, iż jest bardzo chropowata, przypomina trochę wyglądem skalistą pustynię. Dzięki temu rzeczywista powierzchnia dodatniej okładziny - anody jest znacznie większa niż wynikałoby to z wymiarów folii. Tak znaczne powiększenie powierzchni (rozwinięcie) uzyskuje się przez chemiczne trawienie folii.

Wiadomo, że według definicji każdy kondensator składa się z dwóch przewodników (okładek) przedzielonych warstwą dielektryka (izolatora). Wydaje się, że okładki mamy. Co jednak jest dielektrykiem w naszych kondensatorach? Czy papier? Nie! Przecież jest on nasączony przewodzącym elektrolitem! No więc co?

Czy wiesz, że aluminium w obecności tlenu natychmiast pokrywa się cieniuteńką warstewką nieprzewodzącego tlenku (Al_2O_3). Co najważniejsze, tlenek ten jest znakomitym izolatorem i ma dużą wartość stałej dielektrycznej. Wyobraź sobie, że warstwa tlenku glinu o grubości 1µm (1/1000 mm) wytrzymuje bez przebicia napięcie rzędu 700V!

Masz już kilka ważnych informacji: w kondensatorach elektrolitycznych izolatorem jest warstewka tlenku glinu o grubości znacznie mniejszej niż 1µm, a dla zwiększenia powierzchni czynnej, rozwija się powierzchnię folii anodowej w procesie trawienia chemicznego.

Jakie znaczenie ma w tym elektrolit? Otóż tak naprawdę to elektrolit jest elektrodą ujemną, natomiast drugi pasek folii aluminiowej, potocznie zwany katodą, w rzeczywistości jest tylko doprowadzeniem prądu do tej prawdziwej, płynnej katody. Ponadto tylko zastosowanie jakiegoś "wścibskiego" elektrolitu, który wciśnie się w każdą dziurę, pozwala wykorzystać zalety rozwiniętej powierzchni anody. A porowaty papier pełni rolę zbiornika ciekłego elektrolitu oraz zabezpiecza przed bezpośrednim zetknięciem obu metalowych elektrod, co mogłoby spowodować uszkodzenie delikatnej warstwy tlenku i zwarcie. Uproszczony przekrój jednej warstwy kondensatora elektrolitycznego mokrego możesz obejrzeć na **rysunku 1**.

Teraz już wiesz, na czym polega tajemnica dużej pojemności i małych wymiarów kondensatorów elektrolitycznych. Decydujące znaczenie mają:

- duża, trawiona powierzchnia,
- bardzo cienka warstwa dielektryka (Al_2O_3)
- znaczna stała dielektryczna Al_2O_3.

Pozostaje jednak jeszcze istotny problem: dlaczego typowe kondensatory elektrolityczne muszą być polaryzowane napięciem stałym?

Otóż "winny" jest elektrolit. Zanim konkretnie odpowiem na to pytanie, muszę ci przypomnieć pewne podstawowe wiadomości.

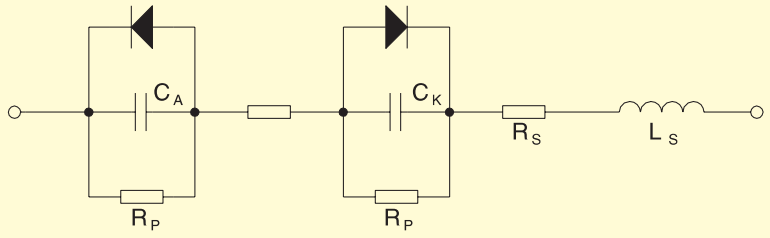
Jak pewnie pamiętasz, w elektrolitach nośnikami ładunku elektrycznego są jony. W elektrolicie naszych kondensatorów jony ujemne zawierają tlen, dodatnie wodór. Nie powiedziałem ci też dotychczas jak wytwarza się warstewkę tlenku glinu. Otóż naturalna warstewka tlenku jest nadzwyczaj cienka, rzędu 1...2nm i dla uzyskania grubszych warstw stosuje się metodę elektrochemiczną polegającą ogólnie rzecz biorąc na podłączeniu do kondensatora w trakcie produkcji źródła napięcia stałego. W obwodzie biegun dodatni źródła-anoda kondensatora-elektrolit-biegun ujemny popłynie prąd stały. Ponieważ w elektrolicie przepływ prądu polega na przemieszczaniu jonów, a jony ujemne zawierają tlen, więc w tym procesie zwanym formowaniem, na powierzchni anody wytwarza się warstwa tlenku glinu, a z drugiej strony jako produkt uboczny powstaje gazowy wodór. Powstająca stopniowo warstwa izolującego tlenku coraz bardziej zmniejsza wartość płynącego prądu, a po pewnym czasie prąd stabilizuje się na nieznacznej wartości i proces tworzenia tlenku ustaje. Zwróć uwagę, że grubość tak powstałej warstwy tlenku zależy od przyłożonego napięcia - tzw. napięcia formowania, które zawsze jest większe o 20...100% od założonego nominalnego napięcia kondensatora. Dlaczego napięcie formowania powinno być większe od napięcia pracy? Ponieważ w czasie pracy przez kondensator praktycznie nie powinien płynąć prąd stały (tzw. prąd upływu).

Jeśli w przyszłości "wgryziesz się" w katalogi, to znajdziesz wykonania oznaczone LL (dawniej typ 1) oraz GP (dawniej typ 2). LL jest skrótem od Long Life (długowieczny), A GP - General Purpose (ogólnego przezna-

Może słyszałeś, że kondensatory mogą się przeformować na inne napięcie - jest to częściowo prawda. Kondensator pozostawiony pod napięciem nieco większym od nominalnego przeformuje się na to napięcie... pod warunkiem, że wcześniej nie wybuchnie. Nie polecam ci więc tej metody "ulepszania" kondensatorów.

Czy "elektrolity" mogą być polaryzowane napięciem stałym o odwrotnej biegunowości?

Nie jest do końca prawdą, że kondensatory elektrolityczne nie mogą pracować przy odwrotnej biegunowości przyłożonego napięcia. Jak wynika z zamieszczonych rozważań mogą pracować przy napięciach, które nie spowodują formowania folii katodowej (i nieodłącznego gazowania). Dlatego niektóre katalogi podają dopuszczalne stałe napięcie wsteczne równe 2V, jednak bezpieczną wartością wydaje się napięcie 1V. Napięcie to wynika z grubości istniejącej, naturalnej warstwy tlenku na powierzchni folii katodowej. W takiej sytuacji należy się jednak liczyć ze zwiększonymi prądami upływu.



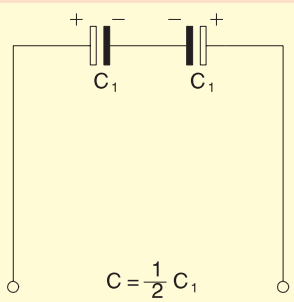
Rys 2 Schemat kondensatora elektrolitycznego

czenia). Kondensatory LL są formowane wyższym napięciem niż kondensatory GP o takim samym napięciu nominalnym. Wyższe napięcie formowania daje grubszą warstwę tlenku, a w konsekwencji mniejszy prąd upływu i mniejsze prawdopodobieństwo uszkodzenia. Grubsza warstwa dielektryka daje jednak mniejszą pojemność, więc kondensatory LL mogą mieć większe wymiary niż kondensatory o takich samych nominałach w wykonaniu zwykłym.

Z podanych informacji możesz wyciągnąć kilka ważnych wniosków.

Po pierwsze, chyba już rozumiesz, że uszkodzenie kondensatora podwyższonym napięciem nie jest spowodowane przebiciem warstwy tlenku, tylko powtórnym rozpoczęciem procesu formowania, związanego nieodłącznie z wydzielaniem gazu, który w końcu powoduje eksplozję kondensatora.

Może też miałeś do czynienia z "elektrolitami", które... wyschły. Znów wypadałoby przypomnieć wyroby dawnego ZSRR, ale spuśćmy na tę sprawę zasłonę milczenia. Jeśli obudowa kondensatora nie będzie szczelna, podwyższone ciśnienie związane z normalnym gazowaniem podczas pracy może spowodować utratę elektrolitu i z kon-



Czy można samodzielnie zrobić kondensator niebiegunowy?

Tak! I to w prosty sposób przez przeciwsobne połączenie szeregowe dwóch jednakowych kondensatorów biegunowych (katoda do katody). Pojemność takiego zestawu jest równa połowie pojemności jednego kondensatora.

densatora elektrolitycznego zrobi się stopniowo dobry kondensator powietrzny, tyle że o pojemności kilkudziesięciu... pikofaradów. Dlatego niech nie przychodzi ci do głowy, żeby "odpowietrzyć elektrolita" przez wywiercenie w obudowie maleńkiej dziurki.

Czy rozumiesz teraz, dlaczego kondensatory elektrolityczne z ciekłym elektrolitem składowane przez dłuższy czas bez napięcia mają znaczny prąd upływu, który po niedługim czasie pozostawania pod napięciem zmniejsza się do pomijalnej wartości? Po prostu podczas składowania cieniuteńka warstwa tlenku ulega drobnym uszkodzeniom, które później po podaniu napięcia są samoczynnie reperowane przez jony ujemne dążące do anody.

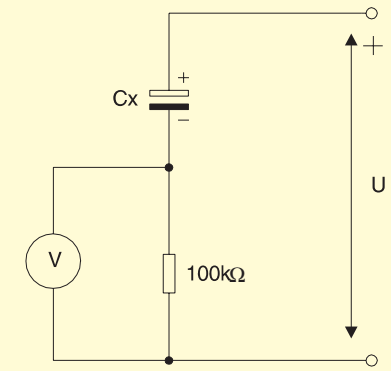
Dlatego w układach, gdzie wymagana jest niezawodność i pewność działania, kondensatory elektrolityczne muszą pozostawać pod napięciem, wtedy w sposób ciągły następuje proces regeneracji, a upływność i pojemność mieszczą się w przewidzianych granicach.

Pomału dochodzimy wreszcie do podsumowania odpowiedzi na pytanie dlaczego omawiane kondensatory powinny być spolaryzowane napięciem stałym. Jak już wiesz, jony ujemne dochodzące do anody powodują powstawanie tlenku glinu. Jednak jeśli odwróci się biegunowość przyłożonego napięcia stałego, to nasza aluminiowa anoda staje się katodą. Wędrują teraz do niej lekkie jony dodatnie, które bez większych kłoptów przedostają się przez warstwę tlenku, a po dołączeniu elektronu wydziela się gazowy wodór. Płynący prąd stały może mieć dużą wartość, bowiem warstwa tlenku glinu nie jest znaczącą przeszkodą dla wścibskich jonów dodatnich, a wydzielający się gazowy wodór dodatkowo niszczy istniejącą już warstwę tlenku. Znów kondensator ulegnie uszkodzeniu wskutek eksplozji związanej z wydzielaniem gazu. Zauważ, że w kondensatorze elektrolitycznym występuje zjawisko jednokierunkowego przewodzenia prądu, podobnie jak w diodzie. Dlatego na schematach zastępczych kondensatorów elektrolitycznych pojawia się symbol diody.

Ktoś uważny zauważy jednak, że przecież po odwróceniu biegunowości przyłożonego napięcia rolę anody pełnić będzie druga aluminiowa elektroda. Rzeczywiście na to wygląda. Czy to nie zmieni sytuacji? Nie, ponieważ ta druga elektroda pełniąca wcześniej rolę doprowadzenia do płynnej katody nie była uformowana i pokryta jest jedynie naturalną cieniutką warstwą tlenku (stąd jasna, błyszcząca folia katodowa w niektórych kondensatorach). Owszem, przy przepływie "odwrotnego" prądu zacznie na niej narastać warstwa izolacyjnego tlenku, zanim jednak zdąży się ona utworzyć i ograniczyć prąd, kondensator eksploduje!

A jeśli w procesie produkcji byłyby uformowane obie folie aluminiowe?

Genialna myśl! Wtedy przy danej biegunowości jedna z elektrod pełniłaby rolę anody, a po zmianie biegunowości - druga! Może



Rys. 3 Układ pomiarowy prądu upływu

cię zaskoczę - takie kondensatory są produkowane - są to kondensatory elektrolityczne bipolarne, zwane też niebiegunowymi. Mogą one pracować bez ograniczeń przy napięciu zmiennym bez składowej stałej. W kraju kondensatory takie z oznaczeniami BPT, BPU i BPE były produkowane (a może jeszcze są) przez filię Elwy w Kołobrzegu.

Dlaczego więc nasze popularne "elektrolity" nie są wykonywane w ten sposób? Powody są przynajmniej dwa: kondensatory niebiegunowe mają zdecydowanie większy prąd upływu, a ponadto przy danych wymiarach ich pojemność jest prawie dwukrotnie mniejsza niż odpowiednich kondensatorów bipolarnych. Wynika to z szeregowego połączenia pojemności obu okładek. Pokazuje to **rysunek 2**. Co prawda w kondensatorach biegunowych pojemność jest tak samo wypadkową wspomnianych dwóch pojemności.

Jednak z uwagi na znikomą grubość warstwy tlenku na ujemnej okładce (a tym samym dużą pojemność), decydująca jest pojemność związana z anodą.

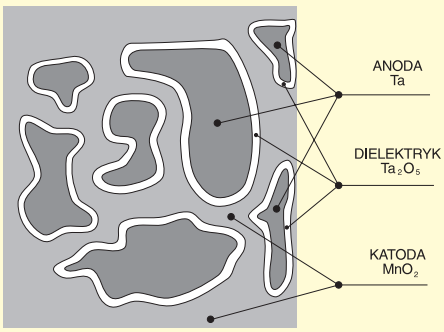
A teraz pora na praktyczne sprawdzenie przeczytanych wiadomości. Proszę cię jednak, nie sprawdzaj jak wybuchają kondensatory - wybuchają z hukiem, dymem i... nazwijmy to zapachem. Wiem, bo parę razy w życiu odwrotnie wlutowałem elektrolita w płytkę. A znam też paru gości, którzy mówią, że mieli szczęście, bo rozerwana obudowa kondensatora nie trafiła ich w oko, tylko przeleciała obok ucha.

Proszę cię jednak, sprawdź prądy upływu długo nieużywanych kondensatorów o różnych nominałach przy pierwszym włączeniu i po kilku minutach pozostawania pod napięciem. Sprawdź też prądy upływu dobrze zaformowanych kondensatorów aluminiowych o nominałach, powiedzmy 10, 100 i 1000µF przy różnych napięciach polaryzujących. Nie przekrocz tylko ich napięcia nominalnego. Będziesz miał wyobrażenie jakiego rzędu mogą być prądy upływu, Pomoże ci to zrozumieć dlaczego trzeba być ostrożnym przy stosowaniu aluminiowych "elektrolitów" w układach czasowych zawierających rezystory o nominałach rzędu megaomów i dlaczego w układach wymagających dużej niezawodności stale powinny one pozostawać pod napięciem.

Kondensatory tantalowe

W tych kondensatorach anoda wykonana jest nie z aluminium, tylko ze spiekanego proszku tantalowego. W wyniku spiekania otrzymuje się strukturę porowatą, przypominającą nieco gąbkę - uzyskuje się w ten sposób w niewielkiej objętości bardzo dużą powierzchnię. Następnie, analogicznie jak przy kondensatorach aluminiowych, metodami elektrochemicznymi wytwarza się na powierzchni izolacyjną warstewkę pięciotlenku tantalu (Ta_2O_5), która podobnie jak Al_2O_3 ma bardzo dobre właściwości dielektryczne. Wreszcie porowatą anodę wypełnia się elektrolitem. W popularnych "perełkach" jest to dwutlenek manganu MnO_2. Mniej popularne są kondensatory z elektrolitem ciekłym, a właściwie żelowym. W kraju były, a może nawet są produkowane, kondensatory żelowe typu ETO przeznaczone do celów profesjonalnych. Mimo dobrych parametrów, najlepszych z kondensatorów elektrolitycznych, kondensatory tantalowe z ciekłym elektrolitem nie są popularne.

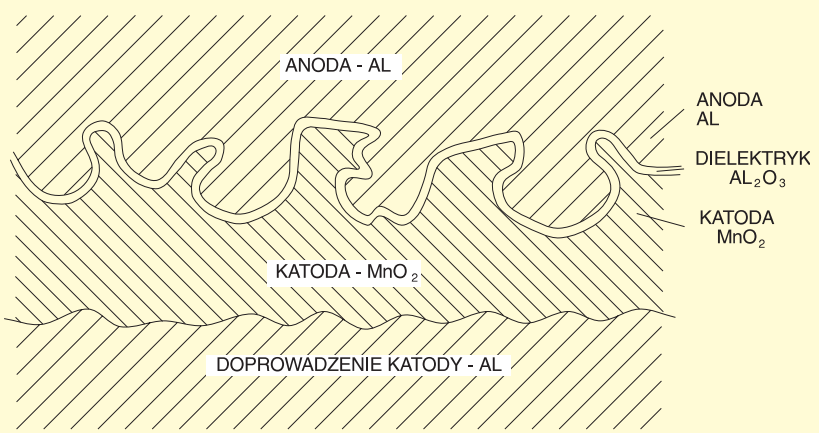
Najczęściej spotyka się "tantale suche". Ich schematyczny przekrój pokazano na rysunku. Należy pamiętać, że struktura jest trójwymiarowa i wszystkie elementy anody (tantal) narysowane oddzielnie, w rzeczywistości są ze sobą elektrycznie połączone.



Za sprawą dwutlenku manganu, który jest rodzajem półprzewodnika, kondensatory tantalowe mają własności biegunowe. Powinny więc być spolaryzowane napięciem stałym o określonej biegunowości, jednak w niektórych katalogach można znaleźć informację, że dopuszczalna jest polaryzacja napięciem przeciwnym o wartości 5...15% napięcia nominalnego.

Pięciotlenek tantalu jest bardzo odporny na uszkodzenia, dlatego upływność kondensatorów tantalowych jest mniejsza niż aluminiowych, a prądy upływu praktycznie nie zmieniają się nawet po kilkuletnim okresie składowania bez napięcia. Długo nieużywanych "tantali" nie trzeba więc formować, zresztą nie ma to sensu, bo bez elektrolitu zawierającego jony proces formowania nie występuje.

Rzadziej spotykaną odmianą są kondensatory aluminiowe stałe, w firmowych katalogach oznaczane solid aluminium capacitors. Różnią się one od popularnych mokrych materiałem katody. Elektrodą dodatnią - anodą - nadal jest trawiona folia aluminiowa, a dielektrykiem - tlenek glinu (Al_2O_3). Tym razem katodę stanowi dwutlenek manganu (MnO_2). Pokazuje to rysunek.



Ponieważ nie ma tu ciekłego elektrolitu, nie ma też jonów w roli nośników prądu. Teoretycznie więc kondensatory takie mogłyby pracować przy dowolnej biegunowości napięcia stałego. Jednak ze względu na obecność choćby śladów wilgoci i związane z tym ryzyko wystąpienia przewodnictwa jonowego niszczącego dielektryk zaleca się polaryzowanie tych kondensatorów odpowiednim napięciem stałym.

Sprawdź też parametry posiadanych "tantali". Czy zauważyłeś różnice?

Eksperymenty możesz przeprowadzić w układzie z **rysunku 3** używając cyfrowego voltomierza. Prąd obliczysz dzieląc zmierzone napięcie przez rezystancję rezystora.

Zdobyłeś oto sporo ważnego materiału o "elektrolitach". Zanim zajmiesz się czymś innym zapytaj sam siebie, czy wszystko zrozumiałeś. Jeśli nie, przeczytaj materiał jeszcze raz i postaraj się poukładać pod czaszką dotychczasowe i nowe informacje.

Piotr Górecki

Historia elektroniki część 3

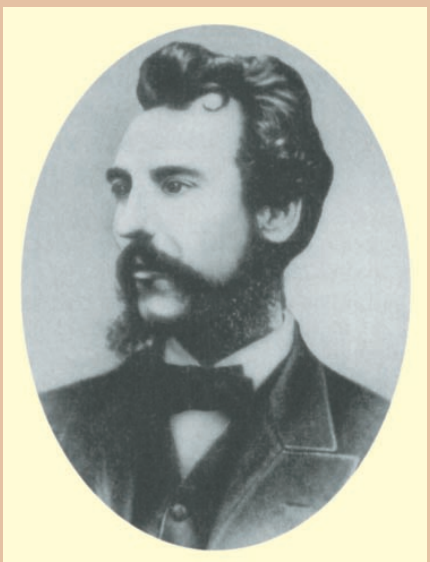
Historia elektroniki jest równie fascynująca jak jej współczesne osiągnięcia. Kontynuujemy opowieść o ludziach i wydarzeniach, od których to wszystko się zaczęło.

Narodziny i rozwój telefonii

Pierwszy elektryczny system łączności dalekiego zasięgu, jakim jest telegraf, okazał się wielkim sukcesem. Nie umożliwiał jednak przesyłania głosu na odległość. Na tę możliwość trzeba jeszcze było czekać szereg lat.

Telefon wynalazł szkocki fizjolog i fizyk, profesor uniwersytetu w Bostonie w USA, Alexander Graham Bell. Zarówno jego matka, jak i żona były głuche, stąd jego zainteresowania mową i nauczaniem wymowy. Interesował się również żywo elektrycznością, co razem tworzyło podstawy jego dalszych badań.

Nauczanie głuchych mówienia doprowadziło Bella do wszczęcia badań nad powstawaniem głosu i mowy. Na użytek tych badań skonstruował rodzaj oscyloskopu, rejestrującego drgania membrany na przesuwającej się zakopconej szybce. Naturalnym przedłużeniem tych doświadczeń był pomysł przetworzenia drgań akustycznych na elektryczne i przesyłania ich drutem w formie prądu. Prace doświadczalne prowadził równolegle z pełnieniem swoich obowiązków dydaktycznych. W 1876 Bell otrzymał patent na swój pomysł i dokonał pierwszego pomyślnego przesłania drutem wiadomości telefonicznej. Do legendy przeszły pierwsze słowa przesłane drutem przez Bella do jednego ze współpracowniów: “Panie Watson, proszę tu przyjść. Jego pierwszy mikrofon jak i słuchawka składały się z pergaminowej membrany z przymocowaną do niej namagnesowaną blaszką, sprzężoną z cewką. Gdy już telefon nadawał się do praktycznego użytku, Bell zorganizował szereg pokazów. Udało mu się przesłać wiadomość telefoniczną przez 180km linię telegraficzną.



Alexander Graham Bell

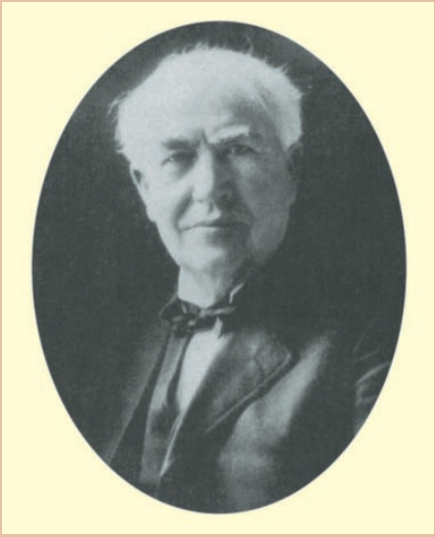
Zainteresowanie jego wynalazkiem było duże i już w 1877 uruchomiono w Bostonie pierwszą linię telefoniczną. W krótkim czasie przedsiębiorstwa i linie telefoniczne w USA zaczęły powstawać jak grzyby po deszczu. Szybko okazało się konieczne powołanie wspólnego przedsiębiorstwa eksploatacji linii telefonicznych, w wyniku czego po wielu reorganizacjach powstało towarzystwo American Telephone and Telegraph (AT&T). Badania rozwojowe zajmowały wiele miejsca w działalności przedsiębiorstwa. Doprowadziło to w roku 1924 do utworzenia gałęzi badawczej pod nazwą Bell Telephone Laboratories. W przedsiębiorstwie tym, o skróconej później nazwie Bell Laboratories, dokonano wielu odkryć i wynalazków, kształtujących całą elektronikę.

W następnych latach zastosowanie telefonu rozszerzało się bardzo szybko. W ciągu 30 lat pomiędzy 1885 a 1915 ilość rozmów telefonicznych wzrosła ponad stukrotnie. Zrodziło to zapotrzebowanie na dalsze usprawnienia łączności telefonicznej. Ręczne centrale zaczęły być zastępowane automatycznymi. Pierwsza automatyczna łącznica telefoniczna, konstrukcji inż. Almona Strowgera została uruchomiona w roku 1892 w Laporte w USA. Tarczę numerową do wybierania impulsowego wprowadzono do użytku w 1896. Później powstały inne konstrukcje łącznic elektromechanicznych, jak braci Ericsson, Siemensa, czy powstały w 1919 system Crossbar Szweda Betulandera, zastąpione ostatnio łącznicami elektronicznymi. Tarcza numerowa nie została jeszcze całkowicie wyparta przez wprowadzony w latach 60-tych klawiszowy, tonowy system wybierczy.

Masowość użycia oraz usprawnienia technologiczne doprowadziły do tak znacznego obniżenia cen usług telefonicznych, że telefon stał się podstawowym środkiem łączności w życiu codziennym. Wkrótce wiele przedsiębiorstw wyposażyło się w telefony, a ilość zainstalowanych telefonów prywatnych rosła błyskawicznie. W USA z początkiem lat 60-ych wszystkie przedsiębiorstwa i większość gospodarstw domowych miały już swoje telefony. Telefon okazał się więc jednym z najważniejszych wynalazków doby nowożytnej.

Próżnia i elektrony

Telegrafia i telefonia stały się ważnymi kamieniami milowymi w historii elektroniki, ale szereg innych jeszcze wynalazków przyczy-



Thomas Alva Edison

niło się znacznie do jej rozwoju. Chociaż początkowo ich związek z elektroniką wydawał się wątły, to ich rola okazała się później istotna.

Jeszcze na początku XIX wieku podstawowymi źródłami światła były lampy olejne i świece. Zaczęto wtedy wprowadzać oświetlenie gazowe, które było wydajniejsze. W wielu większych miastach instalowano wtedy gazowe oświetlenie uliczne, które niejednokrotnie przetrwało wiele lat.

Niedługo po odkryciu prądu elektrycznego zaczęły się próby użycia elektryczności do oświetlenia. Pierwszych uwieńczonych powodzeniem prób dokonał na samym początku XIX wieku wybitny angielski chemik i fizyk, Humphrey Bartholomew Davy. Przy pomocy dużej baterii i dwóch elektrod węglowych uzyskał bardzo jasne światło. Dowiódł w ten sposób możliwości wytwarzania światła elektrycznego, jednak jego ówczesna lampa nie nadawała się do praktycznego użytku.

Próby skonstruowania elektrycznej lampy żarowej, czyli żarówki, zajęły dużo czasu i wysiłku. Żarzący się przewodnik wytwarzał jasne światło w tak wysokiej temperaturze, że niemal natychmiast ulegał utlenieniu. Powstała potrzeba wykonania szklanej osłony i wypompowania z niej powietrza, a ani jedno ani drugie nie było łatwe. Wynalazek rtęciowej pompy próżniowej w 1865 roku umożliwił otrzymanie próżni, ale trzeba było jeszcze znaleźć sposób opróżnienia i zatopienia balonika. Materiał żarnika miał bardzo wielkie znaczenie, od niego bowiem zależała jasność i trwałość żarówki. Spośród wielu ludzi, którzy poszukiwali tego materiału, najważniejszymi okazali się dwaj, Amerykanin Thomas Alva Edison i Anglik Joseph Wilson Swan.

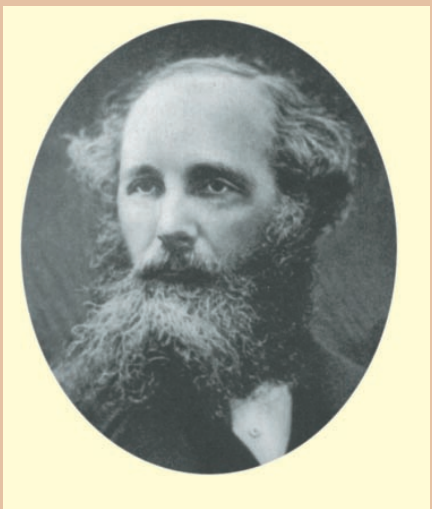
Edison, pomimo że był samoukiem (uczęszczał do szkoły jedynie przez 3 miesiące), był najpłodniejszym chyba wynalazcą wszechczasów (uzyskał 1093 patenty). Udoskonalił między innymi telefon Bella przez zastosowanie cewki indukcyjnej i mikrofonu węglowego, oraz wynalazł fonograf i skonstruował żarówkę z żarnikiem ze zwęglonego włókna bawełnianego. Żywotność tej żarówki początkowo wynosiła dwa dni. Jednak dalsze usprawnienia umożliwiły zwiększenie jej trwałości i wkrótce Edison mógł rozpocząć produkcję żarówek.

Swan był chemikiem i fizykiem, który dokonał szeregu wynalazków z dziedziny procesów fotochemicznych dla fotografii i niezależnie od Edisona skonstruował żarówkę z trwalszym żarnikiem z włókna węglowego.

Dla zapewnienia energii do oświetlania biur i mieszkań potrzebna była energia elektryczna. Edison skonstruował i uruchomił w swoim laboratorium pierwszą elektrownię, do oświetlania sąsiedniej ulicy. Dzięki powodzeniu tego przedsięwzięcia w roku 1886 działało już w USA ponad 60 małych lokalnych elektrowni.

Wadą pierwszych żarówek było pokrywanie się wewnętrznej powierzchni balonika ciemnym nalotem. W trakcie eksperymentów, mających na celu eliminację tego efektu, Edison odkrył nowe zjawisko. Pomiędzy elektrodą wtopioną w balonik żarówki a dodatnim biegunem jej żarnika, pomimo próżni przepływał prąd. Odkrycie to nie miało żadnego znaczenia dla żarówek, ale ogromne dla dalszego rozwoju elektroniki.

W drugiej połowie XIX wieku pojawiły się już pierwsze praktyczne zastosowania elektrotechniki. Telegraf, telefon i inne odkrycia związane z elektrycznością, wykazały światu jej przydatność. Były to jednak dopiero pierwsze stopnie wtajemniczenia, prowadzące do następnych odkryć, zasadniczych dla powstania właściwej elektroniki. Ogromne znaczenie miało odkrycie fal radiowych oraz wynalazki urządzeń do generacji sygnałów, ich nadawania i odbioru. Wynalezienie lampy elektronowej można chyba uznać za narodziny właściwej elektroniki. Najpierw jednak trzeba się cofnąć do wynalezienia radia i pierwszych kroków w tej nowej dziedzinie.



James Clerk Maxwell

Heinrich Rudolf Hertz

Równania Maxwella

Znakomity fizyk angielski James Clerk Maxwell, profesor Kings College w Londynie, a następnie twórca Cavendish Laboratory i profesor uniwersytetu w Cambridge, w roku 1864 na podstawie wyników badań Faradaya sformułował równania ilościowo opisujące pole elektromagnetyczne. Te równania różniczkowe, o fundamentalnym znaczeniu dla fizyki, powszechnie zwane równaniami Maxwella, stały się potem punktem wyjścia do sformułowania teorii względności. W rok później Maxwell przedstawił jednolitą koncepcję fal elektromagnetycznych, uwzględniającą elektromagnetyczną naturę światła. Maxwell był jednak teoretykiem i nie potrafił przedstawić doświadczalnego uzasadnienia swojej teorii.

Doświadczenia takie wykonał dopiero niemiecki fizyk, Heinrich Rudolf Hertz, profesor politechniki w Karlsruhe i uniwersytetu w Bonn. Za pomocą skonstruowanego przez siebie oscylatora wytwarzał i wysyłał fale radiowe oraz potrafił je odbierać. Badał właściwości wytwarzanych fal, sprawdzając ich odbicie i załamanie. Wykazał, że ich charakter i szybkość są takie same jak światła.

c. d. w EdW 4/96

Narodziny radia

Doświadczenia Hertza zafascynowały młodego i zdolnego człowieka, Guglielmo Marconiego. Pochodził on z zamożnej włoskiej rodziny z Bolonii. Kształcony był tylko w domu i nie zdołał zdać wstępnych egzaminów na studia. Przyjaciel rodziny, profesor Righi, wykładający na uniwersytecie w Bolonii, pobudził zainteresowania naukowe młodzieńca podsuwając mu lekturę i udostępniając swoje wykłady i laboratorium. Marconi okazał się bardzo zdolnym, obdarzonym wielką intuicją eksperymentatorem. Skonstruował opisany przez Hertza nadajnik iskrowy i drogą doświadczeń i ulepszeń w krótkim czasie doprowadził do przedłużenia zasięgu systemu doświadczalnego z kilku metrów do kilku kilometrów. Gdy próby zainteresowania telegraficzną łącznością radiową włoskiego Ministerstawa Poczty spełzły na niczym, Marconi przy pomocy swoich rodzinnych kontaktów zorganizował szereg pokazów dla poczty brytyjskiej. Jego idea spotkała się z wielkim zainteresowaniem, ale nie spieszono się z zawarciem z nim kontraktu. Nie zrażony tym Marconi dalej prowadził swoje doświadczenia. Jego pokazy nabrały na tyle rozgłosu, że w 1897 zdecydował się założyć własne przedsiębiorstwo, Wireless Telegraph and Signal Company Ltd., co umożliwiło mu zaciągnięcie kredytu na koszty dalszych eksperymentów. W 1899 uzyskał łączność z Francją ponad kanałem la Manche i rozpoczął doświadczenia z morską łącznością radiową. Instalowanie urządzeń do łączności radiowej ze statkami zaczęło przynosić dochód, a niestrudzony wynalazca postanowił zmierzyć się ze swoim największym wyzwaniem, łącznością transatlantycką. Wybudował w tym celu stację w Poldhu w Kornwalii i w Cape Cod w Massachusetts w USA, a potem w Nowej Fundlandii w Kanadzie. Po szeregu niepowodzeń, gdy silne wiatry niszczyły wybudowane przez niego anteny, w roku 1901 Marconi uzyskał pierwsze połączenie przez Atlantyk. Od tego czasu notuje się bardzo szybki wzrost liczby instalowanych radiostacji. W roku 1909 Marconi, wspólnie z Karlem Ferdinandem Braunem, otrzymał nagrodę Nobla.

Narodziny lampy elektronowej

Rozwój radiokomunikacji był jednak ograniczony mocą nadawanych sygnałów. Dalszy postęp był możliwy dopiero po zastosowaniu nowych wynalazków. Najważniejszym z nich okazała się lampa elektronowa. Profesor Guthrie w roku 1873 stwierdził przepływ prądu przez próżnię a potem Edison podczas prób nad udoskonaleniem żarówki odkrył, że pomiędzy żarzącym się żarnikiem żarówki a umieszczoną w baloniku dodatkową elektrodą przepływa prąd, ale tylko w jednym kierunku. Doświadczenia z efektem zaobserwowanym przez Edisona podjął John Ambrose Fleming, profesor University College w Londynie, który skonstruował i opatentował w roku 1904 pierwszą diodę, po czym wpadł później na pomysł zastosowania jej w radioodbiorniku Marconiego zamiast koherera. Tak powstał detektor diodowy, pierwsze zastosowanie lampy z żarzoną katodą w radiotechnice. Z diodą próżniową jeszcze przez jakiś czas współzawodniczył pierwszy półprzewodnikowy detektor ostrzowy z kryształkiem galeny, z powodu swojej niewspółmiernie niskiej ceny. Pałeczkę sztafety wynalazków w elektronice przejął następnie Amerykanin Lee de Forest. W efekcie jego eksperymentów z diodą Fleminga, czynionych celem ulepszenia jej własności detekcyjnych, w roku 1907 skonstruował trójelektrodową lampę elektronową, czyli triodę, którą nazwał audionem. Trzecia elektroda była umieszczoną pomiędzy katodą i anodą siatką z cienkiego drutu. Potencjał tej siatki decydował o natężeniu strumienia elektronów, płynącego od katody do anody. Dopiero jednak w roku 1911 skonstruowano pierwsze wzmacniacze lampowe, które zaczęto stosować w telefonii. Wzmacniacze te umożliwiły powstanie dalekodystansowej telefonii.

Austriak Aleksander Meissner wynalazł w roku 1913 lampowy generator drgań elektrycznych, którego układ do dzisiaj jest nazywany generatorem Meissnera. Swoimi pracami położył on podwaliny techniki odbioru radiowego konstruując pierwszy odbiornik superheterodynowy.

Zainteresowanie lampami elektronowymi zaczęło szybko rosnąć. W wielu ośrodkach pracowano nad ich udoskonaleniem. Próby zastąpienia próżni w lampie “odpowiednim” gazem szybko okazały się nieporozumieniem, jak to wykazał amerykański laureat nagrody Nobla Irving Langmuir. Wkrótce też udoskonalono żarzone katody lamp, pokrywając je materiałem zwiększającym emisję elektronów, co pozwoliło na obniżenie ich temperatury, a zatem zwiększenie trwałości.

Era lamp elektronowych

Próby zastosowania audionu do wyższych częstotliwości napotkały na trudności z powodu łatwości wzbudzania się oscylacji. Okazało się, że główną tego przyczyną jest stosunkowo duża pojemność elektryczna pomiędzy siatką a anodą. Angielski inżynier H. J. Round próbował temu zaradzić umieszczając wyprowadzenie anody na drugim końcu balonika lampy. Dopiero jednak kilka lat później, w roku 1919, szwajcarski fizyk Walter Schottky wynalazł lampę dwusiatkową, tetrodę, dającą się z powodzeniem stosować do wzmacniania wyższych częstotliwości. Druga siatka, tzw. siatka ekranująca, również spolaryzowana dodatnio tak jak anoda, w znacznym stopniu zmniejszała pojemność pomiędzy siatką sterującą a anodą. W niedługim czasie, w roku 1926, dzięki pracom G. Jobsta i B. Tellegena powstała dojrzała konstrukcja lampy wielosiatkowej, pentoda, która otrzymała jeszcze jedną siatkę, siatkę hamującą. Została ona wprowadzona w przestrzeń pomiędzy siatką ekranującą a anodą w celu eliminacji szkodliwego wpływu siatki ekranującej na anodę.

Dalsze prace nad usprawnieniem działania katody doprowadziły do oddzielenia funkcji żarzenia od funkcji emisji elektronów i powstania katody pośrednio żarzonej. Odizolowane od katod grzejniki wszystkich lamp wzmacniacza można było bez szkody dla jego działania połączyć ze sobą w jeden obwód i zasilać prądem zmiennym z transformatora zamiast z kosztownych w eksploatacji baterii.

Lampy były początkowo bardzo drogie, ale taniały w miarę usprawniania technologii i wzrostu produkcji. Wkrótce podzieliły się na rodzaje. Jedną grupę stanowiły oszczędnościowe z konieczności, z bezpośrednio żarzonymi katodami i do niższych napięć anodowych lampy tzw. bateryjne do przenośnych zastosowań odbiorczych, o napięciu żarzenia 2V, a potem 1,2V. Drugą grupę tworzyły tzw. sieciowe lampy odbiorcze, o napięciu żarzenia początkowo 4V, a potem 6,3V, albo do żarzenia w obwodach szeregowych prądem 200, 100 lub 50mA. Trzecią grupę stanowiły lampy nadawcze, ze względu na swoje przeznaczenie, wyższej mocy.

Przed drugą wojną światową wytworzyły się dwa wyraźnie różne standardy lamp elektronowych, amerykański i europejski. Po wojnie powstał już jeden standard światowy. Pierwsze lampy były stosunkowo duże, szklane, z cokołami z tworzywa sztucznego. Potem powstały lampy w balonikach stalowych (zupełnie innych w Europie i w USA), a potem już po wojnie, zminiaturowane, z co-

kołem szklanym.

Lampy elektronopromieniowe

Drugą ważną dziedziną zastosowania lamp elektronowych poza telegrafią i telefonią stała się elektroniczna obróbka i przesyłanie obrazu. Podstawowym przyrządem tej techniki była lampa elektronopromienna, której pierwowzoru można by się doszukiwać w lampie skonstruowanej w roku 1897 przez Niemieckiego fizyka, Karla Ferdinanda Brauna. Joseph John Thomson, angielski fizyk, odkrywca elektronu (nagroda Nobla w roku 1906) dowiódł, że promieniowanie wysyłane przez rozżarzoną katodę w lampie elektronowej jest wiązką elektronów.

Pionierem w dziedzinie elektrycznego tworzenia obrazów był niemiecki konstruktor Paul Nipkow, który w roku 1884 zaproponował pierwszy prymitywny, ale dający się praktycznie zrealizować sposób mechanicznej analizy i syntezy przesyłanego drogą elektryczną ruchomego obrazu. Rosjanin, Borys L. Rozing, w roku 1907 otrzymał zarysy elektronicznego obrazu. Natomiast pracujący w USA rosyjski wynalazca Władymir Kosma Zworykin opatentował w roku 1923 pierwszą lampę do elektronicznej analizy obrazu optycznego i jego zamiany na sygnał elektryczny. Lampę tę nazwał ikonoskopem. Za konstruktora pierwszego systemu telewizyjnego można uznać Anglika Johna Logie Bairda, który skonstruował telewizor w roku 1925, a w roku 1928 przesłał obraz telewizyjny przez Atlantyk.

Lampy elektronopromienne znalazły zastosowanie w oscyloskopach do wizualnego przedstawiania przebiegów elektrycznych. Okazały się bardzo przydatne w radarach, które szybko rozwinęły się w czasie wojny. Emisja eksperymentalnych programów telewizyjnych na szerszą skalę rozpoczęła się pod koniec lat 30-ych w USA i w Europie. Eksperymentalną Stację Telewizyjną uruchomiono także w Warszawie w roku 1937, jej antena na wysokościowcu przy ówczesnym placu Napoleona była widoczna z daleka. Po drugiej wojnie światowej telewizja, w której kluczową rolę odgrywają kineskopy z magnetycznym odchylaniem wiązki elektronów, najpierw czarno-biała a potem kolorowa, szybko opanowała świat. Do odbioru kolorowego obrazu telewizyjnego powszechne zastosowanie znalazł, opracowany w roku 1949 przez amerykańską firmę RCA, kineskop maskowy. W latach 50-tych, po wynalezieniu w roku 1948 tranzystora, zaczęła się era półprzewodników, a wraz nią stopniowy zanik lamp elektronowych.